

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут економіки
(інститут)
Кафедра економіки та економічної кібернетики
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Кочура Денис Віталійович
(ПІБ)

академічної групи 051-19м-1 ФЕФ
(шифр)

спеціальності 051 Економіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою «Економічна кібернетика»
(офіційна назва)

на тему «Зниження витрат на електроенергію при формуванні собівартості
виробництва залізорудного концентрату»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Демиденко М.А.	98	Відміно	
розділів:				
Аналітичний	Демиденко М.А.	98	Відміно	
Моделювання та оптимізація	Демиденко М.А.	98	Відміно	
Інформаційний	Демиденко М.А.	98	Відміно	
Рецензент	Дахновський О. М.	98	Відміно	
Нормоконтролер	Демиденко М.А.	98	Відміно	

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

економіки та економічної кібернетики

(повна назва)


(підпис)

Кочура Є.В.
(прізвище, ініціали)

«_17.12.2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Кочурі Денису Віталійовичу академічної групи 051м-19-1 ФЕФ
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 051 Економіка

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою «Економічна кібернетика»

на тему Зниження витрат на електроенергію при формуванні собівартості
виробництва залізорудного концентрату

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 20.11.2020р. №962-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Економіка збагачення руд	31.10.2020
Моделювання та оптимізація	Моделювання динаміки енергоспоживання	21.11.2020
Інформаційний	Розробка інформаційної системи зниження витрат	15.12.2020

Завдання видано


(підпис керівника)

Демиденко М.А.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.10.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії 16.12.2020

Прийнято до виконання _____

Кочура Д.В.

ВСТУП.....	4 с.
1. ЕКОНОМІКА ЗБАГАЧЕННЯ РУД	
1.1. Аналіз методів розрахунку економічних показників гірничо-збагачувального підприємства.....	6
1.2. Аналіз стану процесу формування собівартості продукції рудозбагачувальних фабрик.....	18
1.3. Аналіз методів економічного управління і стимулювання на підприємстві.....	23
1.4. Обґрунтування мети та задач дослідження.....	32
2. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ	
2.1 Розробка математичної моделі дослідження динаміки енергоспоживання.....	34
2.2 Критерій оптимізації собівартості виробництва концентрату в умовах збагачувальної фабрики.....	41
2.3 Дослідження та вибір керуючих впливів на витрати електричної енергії при виробництві концентрату.....	44
2.4 Моделювання динаміки енергоспоживання	55
ВИСНОВКИ.....	59
3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО ТА МОРАЛЬНОГО СТИМУЛЮВАННЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛУ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ.....	60
4. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ ПРИ ФОРМУВАННІ СОБІВАРТОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ».....	71

ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
ЗАКЛЮЧЕННЯ. НАУКОВІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ, ЩО ЗАХИЩАЮТЬСЯ.....	87
Додаток 1. Результати моделювання динаміки енергоспоживання з викристанням математичного пакету Mathcad.....	89

ВСТУП

Україна має великі запаси залізних руд, які є основою розвитку сировинної бази чорної металургії. Гірничо-збагачувальні комбінати Кривбасу відіграють важливу роль в гірничодобувній промисловості України. Вони випускають щорічно товарної продукції на суму, що складає 65% від загальної продукції концерну “Укррудпром”. Як собівартість, так і якість продукції ГЗКів в значній мірі залежать від організації технологічних процесів видобутку та переробки руди. Здійснення процесів у режимі раціональних технологічних параметрів, що досягається організаційними рішеннями, дозволяє покращити економічні показники виробництва. В умовах сучасної економіки України резерви традиційних прийомів управління виробництвом виявилися вичерпаними. Керівники різних рангів стали приділяти надто багато уваги маркетингу, відсовуючи проблеми виробництва на другий план. Тому виникла необхідність розробки нових механізмів підвищення ефективності діяльності підприємств та зниження собівартості продукції на основі використання науково обґрунтованих методів розробки та прийняття рішень із застосуванням сучасного математичного апарату та засобів обчислювальної техніки. Реалізація курсу на підвищення ефективності гірничозбагачувальної промисловості та зниження собівартості виробництва залізорудного концентрату невід’ємна від проблеми енергозбереження. Це викликано тим, що у складі собівартості товарної продукції як ГЗК, так і збагачувальних фабрик витрати на електроенергію складають близько 55-60%.

Слід зазначити, що незважаючи на чималу кількість публікацій присвячених зниженню собівартості продукції ГЗК, вплив багатозонального тарифу на електроенергію на собівартість виробництва залізорудного концентрату не було розглянуто. Також не висвітлено питання стимулювання енергозбереження на збагачувальних фабриках.

Питаннями збільшення ефективності роботи гірничо-збагачувальних комбінатів займалися такі фахівці як Аністратов Ю.І., Воронов В.А., Дронов М.М., Жовна О.М., Клименко О.О., Кривошеєва А.О., Курашов С.В., Марюта А.Н., Панченко В.В., Прокопенко В.І., Цеховой А.Ф., Яковлєв В.А. та інші.

Але до теперішнього часу відсутні дослідження впливу динаміки рудопостачання на збагачувальну фабрику на енергетичну складову собівартості виробництва залізорудного концентрату. Хоча із загальної теорії коливань відомо, що у перехідних процесах споживається значно більше енергії ніж у сталих режимах. Процес збагачення руди зі змінними фізико-механічними властивостями є коливальним динамічним процесом. До тепер невідомо як мінімізувати ту частину електроенергії яка витрачається на коливання великих мас рудної сировини та підвищує енергетичну складову собівартості виробництва залізорудного концентрату.

Тому проблема зниження енергетичної складової собівартості виробництва залізорудного концентрату на основі моделювання динаміки енергоспоживання в умовах багатозонального тарифу на електроенергію є актуальною.

Метою даної роботи є зниження енергетичної складової собівартості виробництва залізорудного концентрату на збагачувальних фабриках шляхом застосування організаційних, методичних та практичних рекомендацій та заходів на основі встановлення закономірностей формування енергетичної складової собівартості виробництва залізорудного концентрату в залежності від динамічних характеристик постачання руди в бункери збагачувальної фабрики.

Для досягнення цієї мети необхідно розробити економіко-математичні моделі енергоспоживання збагачувальної фабрики в умовах багатозональних тарифів на електроенергію. Виконати моделювання процесу організаційного управління загрузкою бункерів збагачувальної фабрики. Розробити техніко-економічні заходи по зниженню енергетичної складової собівартості залізорудного концентрату, включаючи методи матеріального заохочення та стимулювання оперативного персоналу. Розробити інформаційну систему підтримки прийняття рішень по зниженню енергетичної складової собівартості виробництва залізорудного концентрату.

1 ЕКОНОМІКА ЗБАГАЧЕННЯ РУД

1.1. Аналіз методів розрахунку економічних показників гірничо-збагачувального підприємства

В багатьох роботах присвячених економіці збагачення руд за показник економічної ефективності діяльності підприємства приймається балансовий прибуток [18,40]:

$$\Pi_{\sigma} = \sum_{i=1}^n (\Pi_i - C_i) Q_i + \Pi_{np} \pm B, \quad (1.1)$$

де Π_i – оптова ціна одиниці продукції i -го виду, гр/т.;

n – номенклатура продукції;

C_i – повна собівартість одиниці продукції i -го виду, гр/т.;

Q_i – обсяг реалізованої продукції i -го виду, т;

Π_{np} – прибуток від реалізації іншої (побічної) продукції, гр/од.;

B – позареалізаційні доходи, або збитки, гр/од.

В залежності від мети дослідження, дослідниками можуть використовуватись різні формули прибутку: наприклад, в дослідженні [25] при аналізі чутливості прибутку до зміни показників виробництва використовується показник прибутку при обробці ділянки родовища:

$$\Pi = V \cdot O \cdot J(1 - P) \cdot (1 - R) \cdot (\Pi - Z) \cdot (1 - W), \quad (1.2)$$

де V – запаси руди, що видобуваються за одиницю часу (місяць, квартал, рік і т.д.);

O – середній вміст корисного компонента в запасах V ;

J – коефіцієнт витягу металу при переробці руди;

P, R – відповідно втрати і розубожіння в долях одиниць;

Π – ціна одиниці кінцевого продукту;

Z – сукупні витрати на одиницю кінцевого продукту;

W – ймовірність знаходження системи в невиправному стані.

Очевидно, що показник прибутку з ділянки родовища зручно використовувати при просторовому плануванні видобувних робіт. Балансовий прибуток гірничо-збагачувального підприємства представляє собою найбільш загальний результат його діяльності, більшу частину якого складає прибуток від реалізації продуктів збагачення мінеральної сировини. Наприклад, питома вага залізорудного концентрату та залізорудних обкотишів в загальному обсязі виробництва ПАТ "ЦГЗК" складає більше 99%, незначну долю товарної продукції складає щебінь. Більшість залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатів України реалізують залізорудний концентрат. Процес виготовлення агломерату або обкотишів також передбачає виготовлення концентрату. Тому виробництву залізорудного концентрату належить особливе місце в структурі будь-якого залізорудного гірничо-збагачувального комбінату.

В роботі [22] показник прибутку від реалізації концентрату розраховується наступним чином:

$$\Pi_t^K = (C_{mt}^K - Z_{nptm}^K \cdot r_{at}) \cdot \gamma_{mt} \cdot k_{pt} \cdot X_t^n, \quad (1.3)$$

де Π_t^K – прибуток з реалізації концентрату в t -тому році;

C_{mt}^K – ціна реалізації 1 т. концентрату m -ої якості в t -тому році, виробленого із усередненого промпродукту;

Z_{nptm}^K – виробничі витрати на виробництво 1 т. концентрату m -ної якості в t -му році;

r_{at} – коефіцієнт, що враховує суму адміністративних та збутових витрат по виробництву концентрату в t -му році;

γ_{mt} – вихід концентрату m-ої якості в t-тому році, виробленого із усередненого γ_{mt} промпродукту;

k_{pt} – коефіцієнт, що враховує питому вагу концентрату із загального обсягу випуску, що поступає на реалізацію в t-му році;

X_t^n – обсяг початкового проміжного продукту m-ної якості в t-му році;

При аналізі впливу цінової політики гірничо-збагачувального підприємства на прибуток в роботі [22] наведено різні формули розрахунку прибутку, в залежності від способу ціноутворення: нормативнопараметричному або пропорційному. За такими способами ціноутворення прибуток розраховується відповідно за формулами:

$$\Pi_{nn} = A_p \gamma [\mu_{\bar{o}} + \Delta\mu(\beta_n \pm \beta_{\bar{o}})] - A_p [a_{\partial} + t_p + (e + t_e + a_0)n + \partial + a_n], \quad (1.4)$$

$$\Pi_n = A_p \gamma \beta_n \mu_0 - A_p [a_{\partial} + t_p + (e + t_e + a_0)n + \partial + a_n], \quad (1.5)$$

Де Π_{nn} – річний прибуток гірничо-збагачувального підприємства при нормативно-параметричному способі ціноутворення, грн./рік;

A_p – річна продуктивність кар'єру по руді, т/рік;

γ – вихід концентрату з руди, долі одиниць; \

$\mu_{\bar{o}}$ – базова оптова ціна концентрату, грн./т;

$\Delta\mu$ – приплата або знижка за відхилення вмісту заліза в концентраті від базового на один відсоток, грн.;

β_n – запланований вміст заліза в концентраті, %;

$\beta_{\bar{o}}$ – базовий вміст заліза в концентраті, %;

a_{∂} – собівартість видобутку руди, грн./т;

e – собівартість виймання пустих порід, грн./т;

t_p – витрати на транспортування руди на дробарно-збагачувальне виробництво, грн./т;

t_{ϵ} – витрати на транспортування пустих порід до відвалів, грн./т;

a_0 – витрати на відвало-утворення пустих порід, грн./т;

n – коефіцієнт розкриття;

∂ – витрати на дроблення руди, грн./т;

a_n – собівартість переділу 1 т. руди на концентрат, грн./т;

Π_n – річний прибуток гірничо-збагачувального підприємства при нормативнопараметричному способі ціноутворення, грн./рік;

u_0 – ціна одного відсотку заліза в тоні концентрату, грн.

Очевидно, що від'ємник в формулах (1.4) і (1.5) представляє собою витрати на видобуток і переробку руди до концентрату. Хоча в формулах (1.4) і (1.5) витрати на видобуток і переробку концентрату розкриті більш детально, ніж в (1.3), в них не враховуються адміністративні витрати і витрати на збут. Автори дослідження [26] такий прибуток називають прибутком з виробництва концентрату. Такий показник в більшій мірі характеризує саме результати виробничої діяльності.

З формул (1.4) і (1.5) видно, що обсяг реалізації, або виробництва продукції є множником, що збільшує обсяг прибутку. З іншого боку, обсяг реалізації залежить не лише від обсягу виробництва, але й від кон'юнктури ринку і обмежень зі сторони державних органів. Як видно з вищенаведених формул, прибуток від реалізації концентрату залежить не лише від обсягів продажу, але й від ціни на залізорудну сировину. Розглянемо механізм її формування. При державному плануванні прейскурантна ціна на продукцію ГЗКів встановлювалась централізовано строком не менше п'яти років. Оптова ціна на залізорудну продукцію враховувала витрати на її виробництво і норму прибутку. Встановлена планова оптова ціна на концентрат варіювалась по основним районам виробництва. Ціна на концентрат враховувала розміри знижок або надбавок за відхилення якісних характеристик концентрату від розрахункової норми. Наприклад, знижки або надбавки за відхилення вмісту вологи в концентраті від норми на 1% були встановлені на рівні 1,5% для всіх

сортів концентратів, в той час, як розмір знижок і надбавок за відхилення вмісту заліза на 1% від норми був встановлений для кожного комбінату індивідуально. Ціна також враховувала можливу надбавку за перевищення норм витрат запасів [40]. Умови реалізації залізорудного концентрату не передбачали надбавок за зниження коливань його хімічного складу, не дивлячись на те, що показники стабільності якості сировини для доменного виробництва дуже важливі [26].

В умовах міжнародних ринкових відносин, ціна концентрату встановлюється в перерахунку на 1% вмісту заліза в 1 т. сухого продукту, і залежить від співвідношення попиту та пропозиції на залізорудну сировину. У світовій практиці 80% залізорудної сировини продається за довгостроковими контрактами [44]. Ще з 1960-х років світові контрактні ціни встановлювались щорічно 1 квітня. Цей рівень цін був результатом переговорів найбільших постачальників та споживачів галузі, а також слугував орієнтиром для інших учасників ринку на весь наступний рік. Проте з квітня 2010 року ціни на залізорудну сировину визначаються в залежності від ситуації на спотовому ринку і надалі фіксуються в короткострокових квартальних або місячних договорах. По закінченню цього строку ціна переглядається в залежності від ринкових тенденцій. Вміст заліза, вологи, корисних та шкідливих домішок, а також їх відхилення обговорюються в контракті поставок сировини. Такі контракти часто передбачають преміювання за високий вміст заліза, проте конкретні умови поставок не розкриваються широкому загалу. Тим не менше, в наукових дослідженнях часто можна зустріти опис різних механізмів формування ціни. Наприклад, в роботі [22] наводиться аж два методи ціноутворення. Існує підхід, за яким ціна 1 т. залізорудної сировини визначається на основі її металургійної цінності [15]:

$$C_{ij} = C_c \cdot KMC_{ij}, \quad (1.6)$$

де C_{ij} – ціна 1 т. руди i -го виду і сорту з урахуванням витрат на транспортування;

C_c – середня ціна умовного, найбільш використовуваного на даному металургійному комбінаті виду і сорту залізної руди з урахуванням витрат на транспортування;

KMC_{ij} – коефіцієнт металургійної цінності конкретного i -го виду і сорту руди, що постачається j -м постачальником. КМЦ слугує для кількісної оцінки якості.

В роботі [19] була зроблена спроба описати механізм формування ціни залізорудного концентрату за t -й період наступною формулою:

$$C_t^k = C_0^k \pm \Delta\beta \cdot \Delta p_\beta \pm \Delta W \cdot \Delta p_W - \Delta s \cdot \Delta p_s, \quad (1.7)$$

Де C_0^k – ціна 1 т концентрату при базових параметрах (відповідно до вмісту заліза, вологи, сірки), грн.;

$\Delta\beta, \Delta W, \Delta s$ – відповідно приріст (зниження) вмісту заліза, вологи, сірки порівняно з базовим вмістом, %;

$\Delta p_\beta, \Delta p_W$ – розмір приплат (знижок) за кожен відсоток підвищення (зниження) якості концентрату, грн.;

Δp_s – розмір штрафних санкцій за перевищення вмісту сірки, грн.

Хоча формули розрахунку вартості 1 т. залізорудної сировини, запропоновані різними авторами дещо відрізняються, вони всі мають одну характерну рису: ціна на залізорудну сировину пропорційна вмісту в ній основного компоненту. Вміст заліза в концентраті є символізуючим показником його якості. У вузькому сенсі під якістю залізорудної сировини розуміється вміст в ній основного компоненту. Отже, ціна на залізорудну продукцію конкретного підприємства залежить, з одного боку, від глобальних

тенденцій в галузі, а з іншого – від якості залізорудної сировини, що реалізується.

Із всього вищезазначеного випливає, що підприємство може впливати на свій прибуток тільки за рахунок зниження собівартості продукції або підвищення виторгу від реалізації шляхом підвищення якості концентрату.

Розглянемо іншу складову прибутку. Хоча калькулювання собівартості концентрату в радянські часи відбувалось згідно з існуючими на той час інструкціями [36], а зараз – у відповідності до кошторису витрат [20], як в сучасних, так і в наукових працях радянського періоду можна зустріти різні аналітичні та статистичні формули розрахунку собівартості концентрату, що використовувались дослідниками для демонстрації ролі того чи іншого показника в економічних результатах виробничої діяльності гірничозбагачувального підприємства. В таких дослідженнях під терміном «собівартість продукції» мається на увазі її виробнича собівартість – витрати на виробництво продукції в межах підприємства. Такий підхід дозволяє виключити при аналізі такі витрати, що не пов'язані з виробничим потенціалом гірничо-збагачувального виробництва: витрати на збут і адміністративні витрати. При аналізі впливу різних показників на собівартість концентрату використовуються як статистичні так і теоретичні формули. Так в роботі [28], для оцінки впливу вмісту кожного компоненту якісного складу залізних руд на собівартість концентрату використовується множинна регресія. Проте залежності, отримані методом кореляційно-регресійного аналізу, мають статистичний характер. Вони описують лише загальний вигляд залежності, не розкриваючи при цьому її внутрішньої природи. Щодо теоретичних залежностей, вони дуже розповсюджені в дослідженнях, що в тій чи іншій мірі торкаються питань економіки збагачення. Статистичні методи досліджень використовуються під час аналізу факторів, що суттєво впливають на економічні показники діяльності підприємства, або при перевірці аналогічних аналітичних залежностей. В роботі [38] за результатами

регресійного аналізу встановлено, що серед таких факторів, як обсяг отриманого концентрату, загальний вміст заліза в руді, вміст заліза в концентраті, витрати руди на 1 т. концентрату і собівартість руди найбільший вплив на собівартість концентрату мають останні два фактори.

При дослідженні впливу втрат запасів руди на собівартість концентрату Кривошеєвою А. О. використовувалась наступна формула собівартості [31]:

$$C_k = \theta(Fe_3) \left[C_\partial + \frac{C_\epsilon K_\epsilon}{(1 - \delta_e)} + C_{\partial.\phi} + C_m + C_{з.\phi} + a_{T1}(1 - \delta_e) \right], \quad (1.8)$$

де $\theta(Fe_3)$ – витрати руди (функція від вмісту загального заліза в перероблюваній руді);

C_∂ – вартість безпосередньо видобутку 1 т. руди, грн.;

C_ϵ – собівартість розробки розкриву грн./м³ ;

K_ϵ – поточний коефіцієнт розкриву, м³ /т.;

δ_e – втрати експлуатаційних запасів руди,

$C_{\partial.\phi}$ – собівартість дроблення руди на фабриці, грн./т.;

C_m – собівартість транспортування дробленої руди на збагачувальну фабрику, грн./т.;

$C_{з.\phi}$ – вартість переробки 1 т. руди на концентрат, грн./т.;

a_{T1} – потонна ставка (амортизаційні відрахування на витрати пов'язані з видобутком корисної копалини).

Витрати руди в дослідженнях [38] являють собою величину, обернену до виходу концентрату γ . Залежність собівартості концентрату від вмісту загального заліза в руді також підтверджувалась парною лінійною регресією, побудованою за статистичними даними перебігу процесу збагачення на Інгулецькому ГЗКті. Кривошеєвою А. О. також аналізувалась закономірність впливу якості рудної сировини і обсягів її переробки на собівартість виробництва концентрату. Нею було встановлено, що собівартість

концентрату при зниженні продуктивності комплексу з випуску концентрату на деяку величину підвищується більше, ніж знижується при підвищенні продуктивності комплексу на таку ж величину. **З чого було зроблено висновок, що коливання продуктивності комплексу, незважаючи на виконання середньопланового завдання за період часу, призводять до підвищення собівартості концентрату.**

В науковій літературі собівартість збагачення часто представляється у вигляді суми собівартостей переробки по окремих ланках технологічного ланцюгу [35]:

$$C_3 = \frac{\sum_{j=1}^N c_j}{\gamma}, \quad (1.9)$$

де N – кількість апаратів в технологічному ланцюгу, шт.;

c_j – собівартість переробки 1 т руди на j -му апараті, грн./т., $j=1,2,\dots,N$.

Формулу собівартості збагачення у вигляді структурної залежності витрат по окремим технологічним операціям також представлено в роботі [37]:

$$C_{з.ф} = C_{\partial} + C_{\partial p i \partial} + C_{сеп} + C_{кл} + \dots + C_{ін}, \quad (1.10)$$

де C_{∂} – собівартість дроблення;

$C_{\partial p i \partial}$ – собівартість дрібнення;

$C_{сеп}$ – собівартість сепарації;

$C_{кл}$ – собівартість класифікації;

$C_{ін}$ – собівартість інших операцій.

При цьому в роботі [54] зазначалось, що витрати на кожну операцію визначаються виходом по даній операції і її вартістю або нормативом.

Оскільки технологічна і апаратна схеми збагачення різних секцій однієї збагачувальної фабрики можуть відрізнятися, формула (1.10) могла б бути придатною для визначення собівартості збагачення по окремим секціям, проте оскільки витрати по операціям збагачення в значній мірі варіюються в залежності від обсягу збагачуваної руди, її природно-технічних властивостей, їх стабільності та інших показників, застосування такого методу підрахунку є проблематичним.

В роботі [32] запропонована наступна формула визначення собівартості збагачення 1 т. руди:

$$C_{o.p} = \sum P_i C_i + \frac{\sum A_i H_i}{\sum n q k}, \quad (1.11)$$

де P_i – питомі витрати i -го елементу;

C_i – ціна i -го елементу;

A_i і H_i – складові відносно постійних витрат по фабриці за розрахунковий період, відповідно чисельність і середня заробітна плата постійного штату працівників, вартість основних фондів і їх норма амортизації та ін. крб.;

n – кількість однотипних збагачувальних секцій;

q – максимально можлива продуктивність секції по руді за розрахунковий період, т;

k – коефіцієнт використання календарного часу секції.

Хоча собівартість переділу збагачення – важливий економічний показник, з практичних міркувань, він найчастіше використовується як складова загальної собівартості концентрату. Саме визначання взаємозв'язку якості руди і собівартості концентрату представляє науковий інтерес. В роботі

[33] запропонований розрахунок виробничої собівартості 1 тони концентрату на основі показників вмісту основного компонента в залізорудній сировині:

$$C_{\kappa} = \frac{\beta}{\alpha_3 \varepsilon} \left(\frac{1 - W_{\kappa}}{1 - W_p} \right) (C_p + C_{\partial} + C_{\varepsilon} + C_{o.p} - C_{om}), \quad (1.12)$$

де β – вміст заліза в концентраті, %;

α_3 – вміст заліза в руді, %;

ε – витяг заліза в концентрат, долі одиниць;

W_{κ} – вологість концентрату, долі одиниць;

W_p – вологість руди, долі одиниць;

C_p – собівартість руди, гр/т.;

C_{∂} – собівартість дроблення руди, гр/т.;

C_{ε} – собівартість відновлення окислених руд, гр/т.;

$C_{o.p}$ – собівартість збагачення 1 т. руди, гр/т.;

C_{om} – вартість відходів збагачення з 1 т. руди, гр/т.

Перший множник у виразі (1.12) є величина обернена до виходу концентрату з руди γ . Формула (1.12) призначена для розрахунку собівартості концентрату, при виробництві якого використовується відновлювальне випалення. Вона також передбачає можливість підприємства збувати свої відходи збагачення. Проаналізувавши різні підходи до розрахунку виробничої собівартості 1 т. концентрату, можна об'єднати їх наступною формулою:

$$C_3 = \frac{C_p}{\gamma}, \quad (1.13)$$

де C_p – сукупна собівартість видобутку, транспортування, дроблення і збагачення 1 т. руди.

В сукупній собівартості видобутку, транспортування, дроблення і збагачення 1 т. руди вже враховано постійні загальновиробничі витрати. Витрати підприємства залежать від обсягів видобутку і переробки руди, в той час, як кінцевою продукцією підприємства є концентрат, і при визначенні економічних результатів діяльності підприємства постає необхідність визначення саме собівартості концентрату.

При збільшенні обсягів виробництва відбувається зниження собівартості одиниці продукції. Для розрахунку впливу збільшення об'єму виробництва на собівартість продукції в роботі [18] запропонована формула:

$$\Delta C = \left(1 - \frac{100}{100 + \Delta Q} \right) U, \quad (1.14)$$

ΔC – зміна собівартості 1 т продукції, %;

ΔQ – зміна обсягу виробництва продукції, %;

U – питома вага умовно-постійних витрат в собівартості продукції.

Відповідно до розрахунків за формулою (1.14) збільшення обсягу виробництва на 10% зменшує собівартість 1 т. концентрату на 0,9%, а зменшення обсягу виробництва на 10% збільшує собівартість на 1,11%. Тобто фактично підтвердились висновки, зроблені в роботі [28]. За таким підходом вихід концентрату з руди вважається сталою величиною.

Проте особливістю гірничо-збагачувального виробництва є те, що для отримання запланованої кількості концентрату, необхідно переробити у декілька разів більший обсяг руди. Так у 2014 році Інгулецьким ГЗК було виготовлено 15 133,1 тис.т. концентрату. Для цього було видобуто 36 526,7 тис.т руди. Основним показником, що демонструє співвідношення обсягів

концентрату і руди, необхідної для його виробництва, є вихід концентрату. Цей показник у явному або опосередкованому вигляді присутній в формулах розрахунку прибутку і собівартості. Саме вихід концентрату розкриває сенс масштабу перетворення сировини на готовий продукт. Адже чим вищий цей показник, тим менший об'єм руди необхідно переробити для отримання планового обсягу концентрату. І навпаки: збільшивши вихід, можна отримати більшу кількість концентрату з тієї ж кількості руди. Обидва випадки є прикладами збільшення ефективності використання сировини. Тобто, він характеризує ступінь використання сировини, що надходить на збагачення.

1.2. Аналіз стану процесу формування собівартості продукції рудозбагачувальних фабрик

Собівартість продукції є одним з узагальнюючих показників, який характеризує найрізноманітніші сторони діяльності підприємства та його цехів [2], тому питання зниження собівартості продукції є актуальним у різних галузях економіки та виробництва і привертає до себе увагу багатьох фахівців. Особливу увагу було приділено ресурсоемним виробництвам, пов'язаним з видобутком та подальшим використанням корисних копалин, як то збагачення руд.

Питаннями збільшення ефективності роботи гірничо-збагачувальних комбінатів займалися такі фахівці Аністратов Ю.І., Воронов В.А., Дронов М.М., Жовна О.М., Клименко О.О., Кривошеєва А.О., Курашов С.В., Марюта А.Н., Панченко В.В., Прокопенко В.І., Цеховой А.Ф., Яковлев В.А. та інші.

Загальною рисою для обох галузей виробництва є видобуток корисних копалин та етап збагачення сировини.

В роботах вищезначених авторів визначається багато шляхів впливу на показники ефективності роботи підприємств даних галузей, в тому числі – на собівартість продукції. Однак, в даних роботах розглянуто зниження собівартості продукції за рахунок планування якості залізрудного концентрата. В умовах, коли ГЗК є структурним елементом вертикально-

інтегрованої гірничо-металургійної компанії, при розрахунку оптимальної якості концентрату враховуються потреби не лише самого комбінату, але і металургійного виробництва. Вибір оптимальної якості концентрату можна зобразити графічно (рис.1.1) [35].

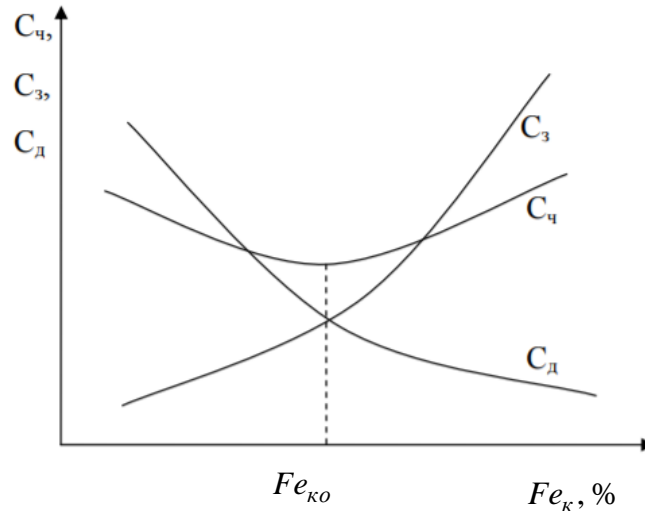


Рис. 1.1. Залежності собівартості виробництва продукції в гірничо-металургійній компанії від вмісту заліза в концентраті

Позначення на рис. 1.1: $C_ч$ – собівартість чугуну у, грн./т.; $C_д$ – витрати в доменному цеху, грн./т.; $C_з$ – витрати на збагачення руди, грн./т.; Fe_k – вміст заліза в концентраті, %.

В цих роботах не досліджено формування енергетичної складової собівартості продукції. Вартість електроенергії розраховується за нормативними коефіцієнтами витрат електроенергії на 1 т руди.

В роботі [9] досліджено вплив на коливання якості концентрату режимів рудопостачання великих об'ємів руди з кар'єру на збагачувальну фабрику залізничним транспортом та вплив цих коливань на собівартість концентрату. Але на коливання процесів збагачення та енергетичної складової собівартості виробництва залізрудного концентрату в кінцевому рахунку впливають режими завантаження бункерів секцій збагачення автостелами та зв'язок цих коливань з багатозональними тарифами на електроенергію, що не було розглянуто.

Формування собівартості продукції дробарних фабрик в умовах багатозонального тарифу на електроенергію було досліджено в роботі [10]. Але збагачувальні фабрики мають іншу технологію і потребують спеціальних досліджень з цього питання.

Що стосується питання управління процесом формування собівартості продукції, то для зменшення собівартості продукції використовуються два підходи: вдосконалення системи організації праці та планування і оперативне управління діяльністю підприємства. В роботі [14] розглянуто стан виробництва у галузі відкритих гірничих робіт та проведено аналіз факторів впливу на ефективність роботи персоналу. Обґрунтування необхідності змін в системі мотивації праці побудовано на основі висновку, що матеріальна зацікавленість – основний фактор, що впливає на мотивацію праці. Приведені приклади організаційних змін та змін в системі оплати праці підтверджуються наявними результатами подібних перетворень. До мінусів даної роботи слід віднести відсутність нематеріальної мотивації складової системи мотивації, а також досліджень стосовно змін нематеріальної складової системи мотивації.

Запропоновані в [27] методи оперативного управління та планування представлені виходячи з комплексності та взаємопов'язаності технологічних процесів окремих підприємств з врахуванням кон'юнктури світових ринків готової продукції. В таких умовах моделювання процесів для оптимізації роботи підприємства слід розпочинати з кінця, тобто з етапу випуску готової продукції. Таким чином, шляхом відтворення зворотного ходу технологічного процесу виробництва продукції, формуються динамічні вимоги до параметрів проведення відкритих гірничих робіт на основі заданих характеристик готової продукції.

Інші автори акцентували увагу на окремих аспектах роботи підприємства, або на роботі окремих підприємств, висвітлюючи окремі питання прикладного характеру [31, 32].

На даний момент існує одна основоположна методика, що використовується для визначення собівартості продукції на більшості

виробничих підприємств України. Вона полягає в тому, що собівартість продукції розраховується на кінець звітного періоду по факту отримання виробничого результату без можливості оперативного впливу на фактори, що впливають на формування собівартості. Стосовно дробарної фабрики виділяють наступні фактори, що впливають на формування собівартості продукції:

- об'єм виробництва;
- якість сировини (фізико-механічні характеристики);
- питомі матеріальні витрати (вода, енергія та ін.);
- продуктивність праці;
- цехові та загальнофабричні витрати.

В даному випадку зміни об'ємів виробництва – один з найважливіших факторів, що впливає на формування собівартості продукції. Ці зміни обумовлюються присутністю у складі собівартості продукції двох груп витрат – постійних та змінних (пропорційних).

До умовно-постійних витрат відносять загальнофабричні витрати і більшу частку цехових витрат, в тому числі основну заробітну платню робітників-погодинників, інженерно-технічних робітників, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу, витрати на амортизацію будівель і обладнання, на освітлення, утримання охорони та низку інших витрат, сума яких не змінюється в залежності від змін об'єму виробництва.

Змінні витрати при зміні об'ємів виробництва змінюються більш-менш пропорційно до об'єму виробництва, а на одиницю продукції складають постійну величину.

До змінних витрат відносять заробітну платню працівників відрядників, вартість електроенергії, що витрачається на виробничі процеси та інші витрати [2].

До негативних рис даної методики аналізу формування собівартості та її розрахунку можна віднести відсутність динамічної складової, тобто розрахунок ведеться за звітний період без врахування динамічних процесів

виробництва, а також відсутність аналізу причин, що формують характеристики вищезначених факторів впливу, тобто не розглядаються причини за якими змінюється об'єм виробництва, або змінюються питомі витрати на електроенергію в процесі виробництва.

Тому, з врахуванням цього, можна заключити, що за допомогою даної методики неможливо ефективно проводити заходи з оперативного управління виробничим процесом на підприємстві, а планування діяльності підприємства можливо, але з досить великою похибкою.

Тому, проаналізувавши літературу, слід звернути увагу на методики, які розглядають процес формування собівартості продукції з точки зору зниження собівартості продукції за рахунок організаційних і технологічних рішень, а також матеріального та морального стимулювання оперативного персоналу.

1.3. Аналіз методів економічного управління і стимулювання роботи на підприємстві

Планова діяльність підприємства – одна з першочергових функцій її управління, взаємодіюча з такими функціями, як: організація, координація, контроль, регулювання, стимулювання і аналіз. Планування на підприємстві - економічний метод управління, являє собою процес проектування бажаного майбутнього, а також ефективних шляхів його досягнення. Завдання планування полягають у виявленні перспектив зміни зовнішнього оточення підприємства, формування цілей та стратегії розвитку, визначення першочергових завдань та дій для їх вирішення. А також визначення необхідних витрат і результатів, проектування зміни стану підприємства, узгодження роботи всіх його підрозділів, контроль за виконанням планових завдань усіма підрозділами підприємства, аналіз досягнутих планових результатів [18].

Завданням оперативно-виробничого планування є організація рівномірної, ритмічної взаємоузгодженої роботи всіх виробничих підрозділів підприємства. Найбільш гостро проблема впровадження ефективного механізму планування стоїть перед промисловими підприємствами. У промисловості, цикл обороту капіталу є найбільш «представницьким» у порівнянні з усіма іншими галузями економіки: тут присутні і стадії постачання (закупка матеріальних ресурсів), і стадії виробництва, і стадії зберігання і збуту виробленої продукції, а також розрахунків з контрагентами як по закупленим сировини і матеріалами, так і з реалізованою продукцією. Оперативне планування призначено для короткого періоду (наприклад, розробка річної програми виробництва). Спрощено етапи планування на підприємстві можна представити наступною схемою (рис.1.2).

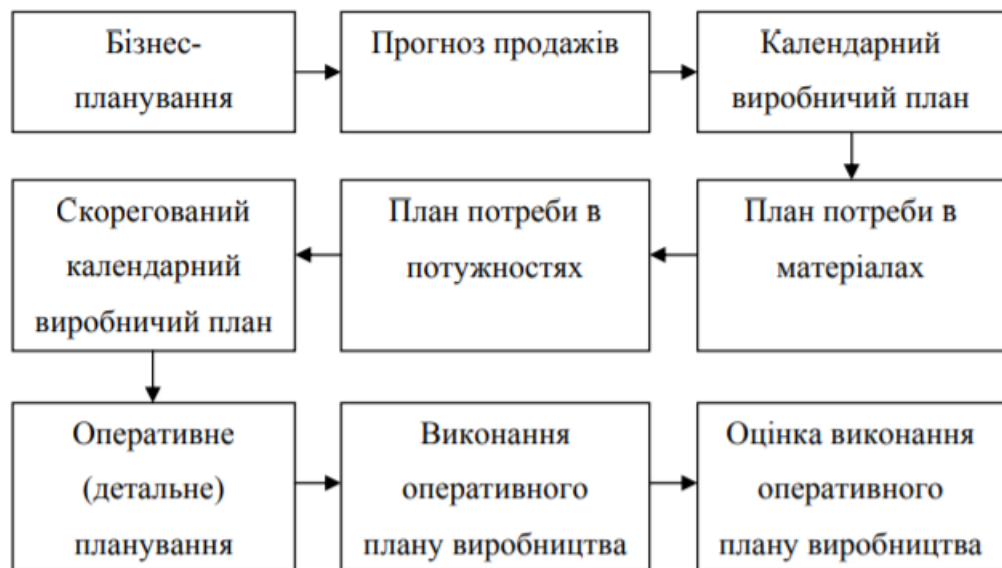


Рис. 1.2. Схема етапів планування діяльності підприємства

В процесі оперативного планування і управління виробництвом повинна досягатися суворе взаємодія органів управління на всіх стадіях виробничого процесу (від отримання сировини до реалізації продукції) з метою виконання плану поставок готової продукції в необхідній кількості, потрібної якості, у потрібний час і місце з мінімальними сукупними витратами. В основі оперативного планування і управління лежить виробнича програма, в рамках якої розробляються деталізовані планові завдання для кожного виробничого підрозділу (цеху, дільниці, робочого місця) на певний період часу, а також здійснюється поточне керівництво виробничим процесом і контроль його ходу. Стратегічне планування формулюється вербально, а оперативне планування являє собою планові розрахунки. Між оперативним і стратегічним плануванням існує зворотній зв'язок. З одного боку, за допомогою стратегічного планування ставляться цілі і визначаються шляхи їх досягнення для оперативного планування. Чи буде оперативний план затверджений керівництвом, впливає з стратегічного плану. З іншого боку, на основі оперативних планових розрахунків за окремими напрямками повинно бути перевірено, чи може взагалі бути реалізований стратегічний план і чи не є він нездійсненною мрією. Саме тому оперативне планування веде до ревізії

стратегічного плану. Цілі мають бути переглянуті або досягнуті іншими шляхами (в ході реалізації нових стратегій). Ядро системи оперативного планування складають планові розрахунки результату по виробках. Здійснюючи планування нормативних витрат за базовими показниками відповідних місць виникнення витрат, поряд з необхідним часом роботи устаткування для виконання плану реалізації, розраховують час роботи персоналу в людино-годинах з урахуванням чисельності персоналу і його кваліфікації, а крім того, потреба в допоміжних матеріалах, таких, як інструменти, ремонтні матеріали, електроенергія. Якщо чисельність і кваліфікація персоналу виявляться недостатніми для виконання плану реалізації, то повинен бути складений план додаткового залучення персоналу і його стимулювання. Складність планування полягає в тому, що мова йде не про послідовні кроки, а про процеси, що відбуваються одночасно. При розробці будь-якої частини оперативного плану постійно відбуваються узгодження, оскільки реалізація кожної частини плану можлива тільки за умови затвердження пов'язаних з нею частин. Реальний розрахунок можна виконати тільки на підставі докладних виробничих планів. В процесі оперативно-виробничого планування:

- розробляється план випуску продукції підприємством за місяцями року;
- виконуються об'ємні розрахунки завантаження устаткування і площ;
- обираються календарно-планові нормативи;
- розробляються оперативно-календарні плани випуску та графіки виробництва вузлів, деталей цехами, ділянками по місяцях, тижнях, добі, змінах (а іноді і годинниковим графіками);
- зорганізується змінно-добове планування. В оперативних планах встановлюють завантаження обладнання, послідовність виконання різних операцій технологічного циклу і час, що відводиться для цього, а також розстановку працюючих з урахуванням наявних виробничих потужностей, матеріальних ресурсів і персоналу.

Все це має забезпечити оптимальний хід виробничих процесів, раціональне використання матеріальних і трудових ресурсів, повне і своєчасне виконання планових завдань, підтримання необхідного ритму роботи підприємства [34].

На підприємствах використовуються такі методи планування як: балансовий, розрахунково-аналітичний, графо-аналітичний, програмно-цільовий, економіко-математичний.

Балансовий метод забезпечує встановлення зв'язків між потребами в ресурсах та джерелами їх покриття, а також між розділами плану. У процесі формування плану підприємства складають баланси: виробничої потужності, матеріал, енергетичний, трудовий, фінансовий, бухгалтерський.

Розрахунково-аналітичний метод використовується при плануванні показників плану, вивченні їх динаміки і кількісного розміру факторів, на них впливають. Так, наприклад, плануються за факторами такі узагальнюючі показники плану, як продуктивність праці, собівартість продукції, прибуток, рентабельність.

Графо-аналітичний метод дозволяє графічними способами змодельовати інноваційні, виробничі та організаційні процеси на підприємстві. Графіки і діаграми дають можливість наочно представити взаємозв'язок і взаємозалежність різних показників між собою.

Програмно-цільовий метод використовується при розробці програм, а також лежить в основі розробки стратегічного плану підприємства. Головна риса програми - націленість на досягнення кінцевих результатів. Стержень програми - генеральна мета, що деталізується в ряді стратегічних цілей і завдань. На підприємствах розробляються програми: реалізації збутової та товарної політики, підвищення якості і конкурентоспроможності своєї продукції, завоювання нових ринків збуту, реконструкції підприємства та ін.

Економіко-математичні методи лежать в основі економічних моделей планових показників на основі виявлення їх кількісної залежності від

основних факторів. З їх допомогою на основі використання обчислювальної техніки є можливість розробляти ряд альтернативних варіантів плану і вибирати з декількох варіантів оптимальний [6].

Але жоден з методів планування не буде достатньо ефективним, якщо не буде виконуватись із достатнім ступенем точності і якості. Це приводить до розгляду питання ефективності роботи персоналу, а точніше до питання мотивації роботи персоналу.

Незважаючи на те, що про систему стимулювання праці говориться дуже багато і, здавалося б, уже все відомо про те, як зробити систему найбільш ефективною, менеджери з персоналу та керівники постійно шукають нові форми мотивації співробітників, нові методи виховання відданості працівників підприємству й утримання висококваліфікованого персоналу в організації, тому що знання мотивації - ключ до розуміння поведінки людини і можливостей впливу на нього [27].

Навіть досвідчені керівники часто скаржаться на те, що "у людей немає стимулу працювати краще". Однак винні в цьому самі керівники, які встановили такий порядок в організації, а вже ніяк не співробітники. Якщо у підлеглих немає стимулу працювати краще, причина криється в наступному: неправильний відбір, невизначеність цілей, неефективні системи оцінки виконуваної роботи і винагороди, або ж нездатність керівника сформулювати правильне сприйняття систем оцінки виконуваної роботи і винагороди в організації [7]. Причини виникнення аритмічності в подачі сировини дуже пов'язані з персоналом. Можливо припустити, що через питання з персоналом опосередковано пов'язані й інші причини, на які має вплив антропогенний фактор виробництва.

Для подальшого аналізу систем стимулювання і мотивації праці слід дати їм визначення.

Стимулювання – це, перш за все, зовнішнє спонукання, елемент трудової ситуації, що впливає на поведінку людини в сфері праці, це матеріальна оболонка мотивації персоналу і нематеріальна, яка дають можливість

працівникові реалізувати себе не тільки як професіонала, але і як особистість [16].

У широкому сенсі слова стимулювання – це сукупність вимог і відповідна їм система заохочень і покарань. Стимулювання передбачає наявність в органів управління набору благ, здатних задовольнити значущі сьогодні і зараз потреби працівника і використовувати їх в якості винагороди за успішну реалізацію трудових функцій. Розрізняють моральне, організаційне та ряд інших видів стимулювання [23].

Мотивація праці – це прагнення працівника задовольнити потреби (отримати певні блага) за допомогою трудової діяльності. В структуру мотиву праці входять: потреба, яку хоче задовольнити працівник; благо, здатне задовольнити цю потребу; трудове дію, необхідний для отримання блага; ціна – витрати матеріального і морального характеру, пов'язані із здійсненням трудових дій.

Мотив праці – це збуджуюча причина трудової діяльності індивіду, що викликана його інтересами та потребами, задоволення яких можливо шляхом отримання благ, що є життєвою необхідністю, з найменшими моральними та матеріальними витратами [7].

Стимулювання праці – це перш за все зовнішнє спонукання, елемент трудової ситуації, що впливає на поведінка людини в сфері праці, матеріальна оболонка мотивації персоналу. Разом з тим воно несе в собі і нематеріальне навантаження, що дозволяє працівникові реалізувати себе як особистість і працівника одночасно. Воно виконує економічну, соціальну, моральну функції.

Економічна функція виражається насамперед у тому, що стимулювання праці сприяє підвищенню ефективності виробництва, яке виражається в підвищенні продуктивності праці і якості продукції.

Моральна функція визначається тим, що стимули до праці формують активну життєву позицію, високоморальний громадський клімат в суспільстві.

При цьому важливо забезпечити правильну й обґрунтовану систему стимулів з урахуванням традиції й історичного досвіду.

Соціальна функція забезпечується формуванням соціальної структури суспільства через різний рівень доходів, який в значній мірі залежить від впливу стимулів на різних людей. Крім того, формування потреб, а в підсумку і розвиток особистості також зумовлюються організацією і стимулюванням праці в суспільстві.

У свою чергу, стимули можуть бути матеріальними та нематеріальними [5] (рис. 1.2).

Наразі кожне підприємство будує свою унікальну систему стимулювання праці робітників. Однак існують базові принципи, за якими будується система стимулювання праці.

Стимулювання праці – досить складна процедура. Існують певні вимоги до його організації: комплексність, диференційованість, гнучкість та оперативність.

Комплексність має на увазі єдність моральних і матеріальних, колективних та індивідуальних стимулів, значення яких залежить від системи підходів до управління персоналом, досвіду і традицій підприємства. Комплексність передбачає також наявність антистимулів.

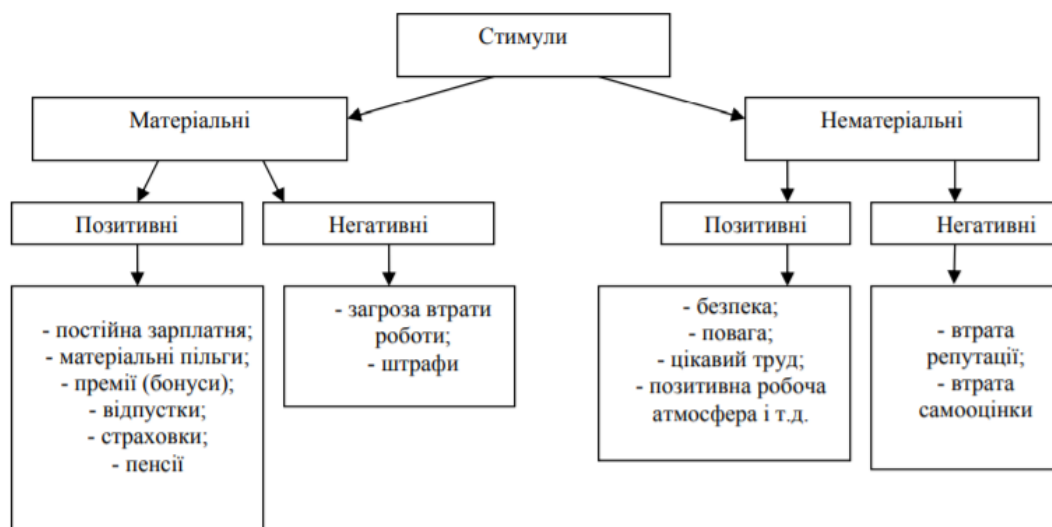


Рис. 1.2. Види стимулів

Диференційованість означає індивідуальний підхід до стимулювання різних шарів і груп працівників. відомо, що підходи до забезпечених і малозабезпеченим працівникам повинні істотно відрізнятися. різними повинні бути підходи і до кадрових і молодим працівникам.

Гнучкість і оперативність виявляються в постійному перегляді стимулів в залежності від змін, що відбуваються в суспільстві і колективі.

З метою максимізації дії стимулів необхідно дотримуватися певних принципів.

- Доступність. Кожен стимул повинен бути доступний для всіх працівників. Умови стимулювання повинні бути демократичними і зрозумілими.

- Відчутність. Практика показує, що існує якийсь поріг дієвості стимулу. У різних країнах і колективах він істотно розрізняється, Для одних працівників відчутним може бути стимул і в один долар, для інших мало і десяти. Дана обставина необхідно враховувати при визначенні нижнього порогу стимулу.

- Поступовість. Матеріальні стимули піддаються постійній корекції у бік підвищення, що необхідно враховувати на практиці. Одного разу різко завищена винагорода, не підтверджена згодом, негативно позначиться на мотивації працівника в зв'язку з формуванням нового нижнього порогу стимулу, який б задовольняв працівника. Ні в якому разі не допускається зниження рівня матеріального стимулювання, на якому б високому рівні він не знаходився. Практичні дослідження підтверджують твердження психологів про те, що між бажаним і реальним рівнем матеріальної винагороди існує лінійна залежність. Відразу ж слідом за підвищенням винагороди формується новий, більш високий рівень домагань, а отже, і розмір винагороди деколи за ту ж саму працю.

- Мінімізація розриву між результатом праці та її оплатою. Перехід більшості закордонних фірм на щотижневу оплату праці обґрунтований насамперед необхідністю дотримання цього принципу.

- Одномоментність дії стимулу (винагороди) помічена давно. Як показали експерименти, дотримання цього принципу дозволяє в більшості випадків навіть знижувати рівень винагороди, так як більшість людей воліють принцип "краще менше, але відразу". Крім того, почастішання винагороди, її чіткий зв'язок з результатом праці – сильний мотиватор. Підвищення рівня винагороди стосовно попереднього приносить працівнику як матеріальне, так і моральне задоволення, підвищує його тонус і настрій. Тимчасовий ж зниження цього рівня у більшості людей викликає почуття "реваншу" і позитивно позначається на трудовій активності.

- Поєднання матеріальних і моральних стимулів. За своєю природі матеріальні і моральні фактори однаково сильні. Все залежить від місця, часу і суб'єкта впливу цих факторів. Маються на увазі рівень розвитку економіки, традиції тієї чи іншої держави, а також матеріальне становище, вік і стать працівника. Беручи до уваги дану обставину, необхідно розумно поєднувати ці види стимулів з урахуванням їх цілеспрямованої дії на кожного працівника. Відомо, наприклад, що в молодому віці матеріальні стимули більш пріоритетні для працівника. Але це не означає повної відсутності впливу моральних стимулів.

- Поєднання стимулів і антистимулів. Суперечки про значимість стимулів і антистимулів в науковій літературі та практичній діяльності менеджерів не вщухають. На наш погляд, необхідно розумне їх поєднання. Досвід провідних економічно розвинених країн показує постійну трансформацію мотиваторів (стимулів) від переваги антистимулів (страх, голод, штрафи і т.д.) до переважного використання стимулів. Все залежить від рівня розвитку суспільства, його історії, звичаїв і традицій. Необхідне корегування треба робити і на історію компанії, рід її діяльності, рівень кваліфікації, професійної підготовки і соціальний склад працівників. Від початку можна стверджувати, що рівень стимулів і антистимулів в колективі шахти, будівництва, атомної електростанції або науково-дослідного центру буде різний [7].

Таким чином, можна стверджувати, що управління роботою підприємства базується на оперативних планах діяльності підприємства, на яких базуються стратегічні плани підприємства, тобто модель управління підприємством будується з рівня оперативного управління діяльністю підприємства. Також в процесі функціонування підприємства не останню, а дуже часто головну роль має стимулювання та мотивація робітників підприємства. Незважаючи на велику різноманітність систем стимулювання та мотивації праці вони будуються на універсальних принципах.

1.4. Обґрунтування мети та задач дослідження

Результати аналізу стану формування собівартості виробництва залізорудного концентрату на збагачувальній фабриці можна зробити висновок про те, що процес формування собівартості виробництва залізорудного концентрату досліджено недостатньо. Не зважаючи на те, питома вага витрат електроенергії в структурі собівартості залізорудного концентрату складає 60%, процес формування витрат електроенергії при збагаченні руд не вивчено.

Метою роботи є зниження енергетичної складової собівартості виробництва залізорудного концентрату на основі економіко-математичного моделювання динаміки енергоспоживання.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити економіко-математичну модель формування енергетичної складової собівартості виробництва залізорудного концентрату;
- виявити закономірності впливу техніко-економічних чинників на формування енергетичної складової собівартості виробництва залізорудного концентрату.
- Розробити алгоритми організаційного управління формуванням енергетичного складового собівартості виробництва залізорудного концентрату.

- Розробити техніко-економічні заходи по зниженню енергетичної складової собівартості виробництва концентрату та інструкції оперативного персоналу збагачувальної фабрики.
- Розробити заходи матеріального та морального стимулювання оперативного персоналу збагачувальної фабрики.
- Розробити інформаційну систему моніторингу динаміки енергоспоживання та підтримки прийняття рішень по зниженню енергетичної складової собівартості при виробництві залізорудного концентрату.

2. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ

2.1 Розробка математичної моделі дослідження динаміки енергоспоживання

Збагачувальна фабрика являє собою ряд паралельно працюючих технологічних ліній, схема якої наведена на рис 2.1.

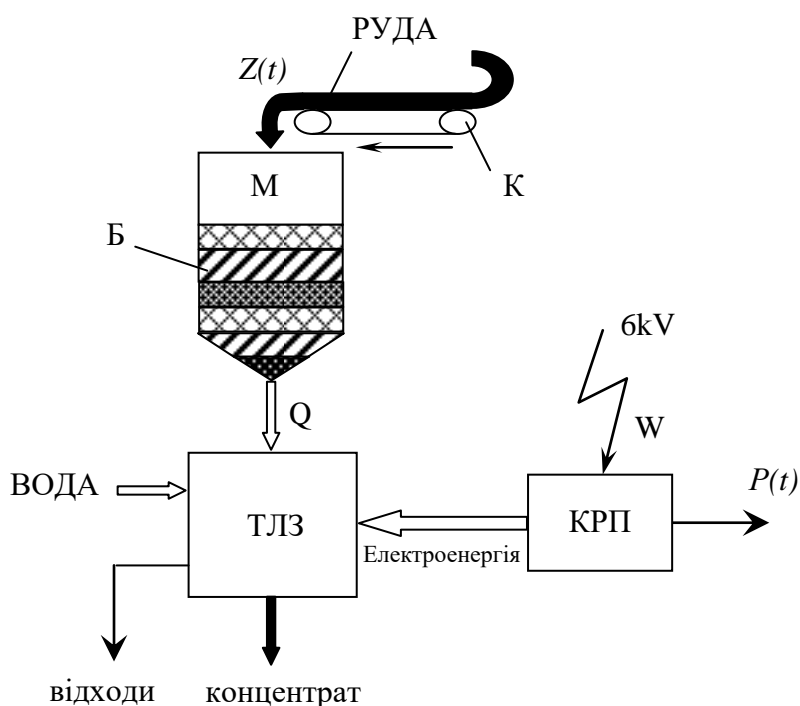


Рис. 2.1. Технологічна схема

Позначення на рис. 2.1: ТЛЗ – технологічна лінія збагачення; Б – бункер з рудою; К – конвейер подачі руди; КРП – комплексний розподілюючий пристрій; Q – продуктивність по руді на вході ТЛЗ; М – маса руди в бункері; P(t) – активна потужність споживання ТЛЗ як функція часу t; Z(t) – імпульсний процес подачі руди в бункер; W – електрична енергія.

Передумови до математичного моделювання наступні:

- витрати на електроенергію при збагаченні руди визначаються споживаною електричною активною потужністю P , так як споживана за час t електрична енергія E дорівнює:

$$E = P \cdot t. \quad (2.1)$$

- Активна потужність P :

$$P = P_{xx} + \bar{P} + \tilde{P}, \quad (2.2)$$

де P_{xx} – потужність холостого ходу; \bar{P} – середнє значення активної потужності; \tilde{P} – динамічна складова електричної потужності.

P_{xx} – визначається потужністю, споживаною устаткуванням технологічної лінії у холостому режимі без подачі руди;

\bar{P} – визначається продуктивністю технологічної лінії по руді.

\tilde{P} – динамічна складова активної потужності, що визначається коливаннями якості руди з математичним очікуванням.

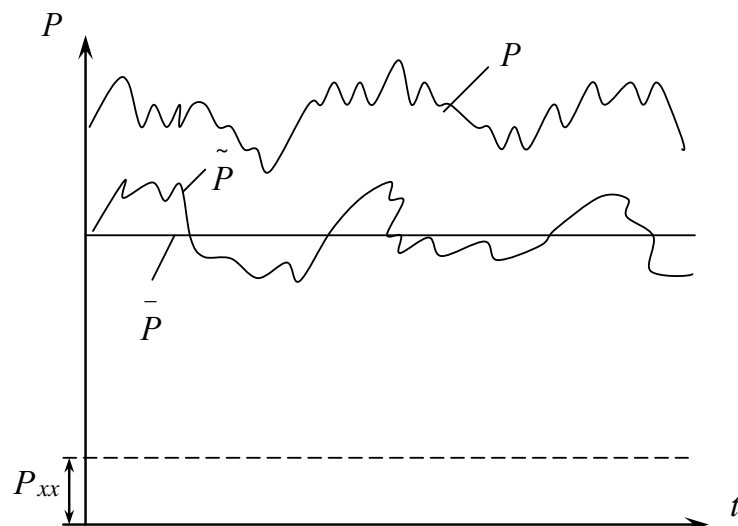


Рис. 2.2. Складові активної потужності, що споживається процесом збагачення

Тобто динамічна складова активної потужності є центрованою випадковою величиною з математичним очікуванням \bar{P} . За даними [9] \tilde{P} визначає динаміку процесу збагачення і складає 20-30% активної потужності, що споживається процесом збагачення. $\tilde{P}(t)$ являє собою стаціонарний випадковий процес з математичним очікуванням рівним нулю.

Графік імпульсного процесу подачі руди в бункер наведено на рис. 2.3.

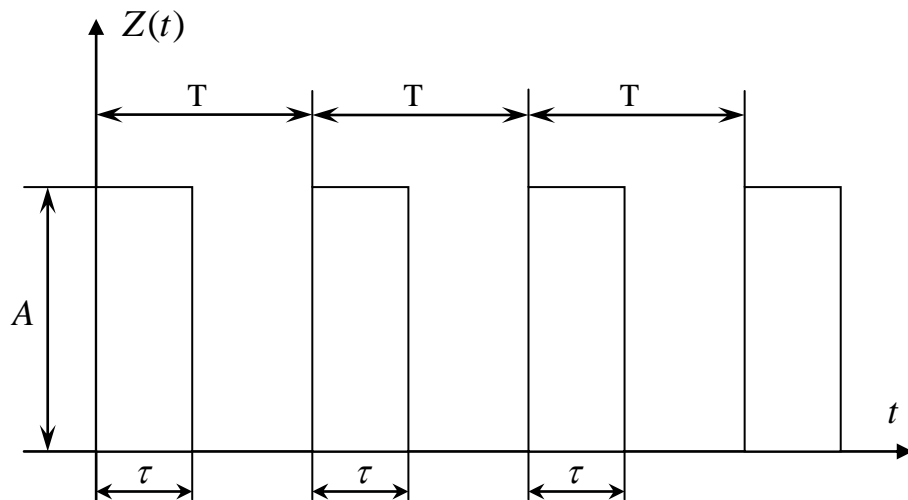


Рис. 2.3. Графік процесу подачі руди в бункер

Позначення на рис. 2.3: A – амплітуда імпульса; T – період; τ – довжина імпульсу.

Імпульсний характер довантаження руди в бункер обумовлено режимом роботи головного конвейєру та автостели, яка послідовно завантажує усі бункери збагачувальної фабрики.

Спектральна щільність такого процесу має вигляд:

$$S_{\kappa}(\omega) = A \frac{\sin \frac{\omega_{\kappa} \tau}{2}}{\frac{\omega_{\kappa} T}{2}}, \quad (2.3)$$

Де $\omega_k = \frac{2\pi k}{T}$, $k=0, 1, 2, 3, \dots$

Графік спектральної щільності процесу рис. 2.3 буде мати вигляд наведений на рис. 2.4.

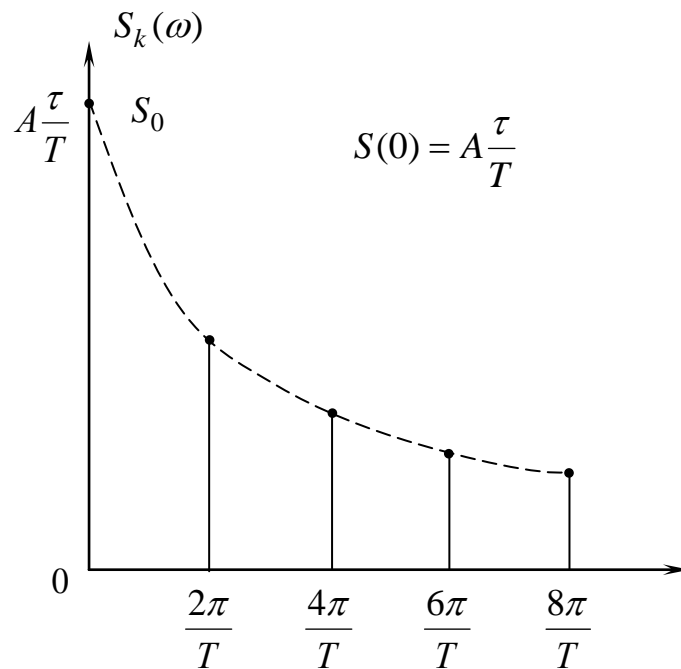


Рис. 2.4. Графік спектральної щільності $S_k(\omega)$

Розглянемо технологічну схему рис. 2.1. з позицій теорії керування та побудуємо функціональну структурну схему ТЛЗ як об'єкту керування, наведену на рис. 2.5.

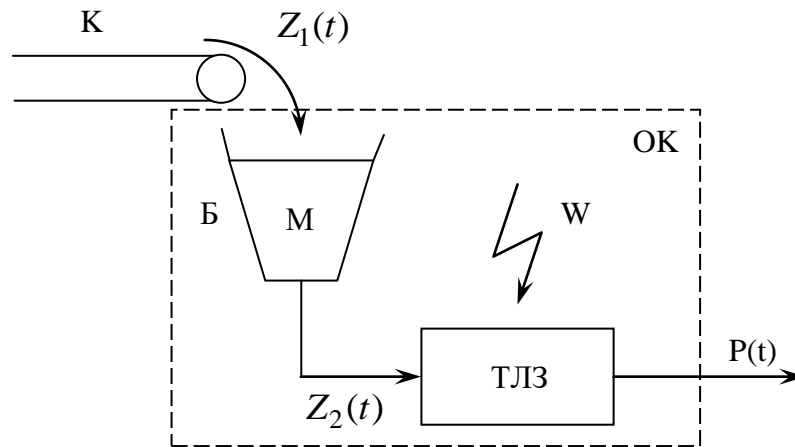


Рис. 2.5. Функціональна схема ТЛЗ.

Позначення на рис. 2.5: ОК – об’єкт керування. $Z_1(t)$ – показник якості руди на вході бункеру; $Z_2(t)$ – показник якості руди на виході бункеру та на вході ТЛЗ; М – маса руди в бункері.

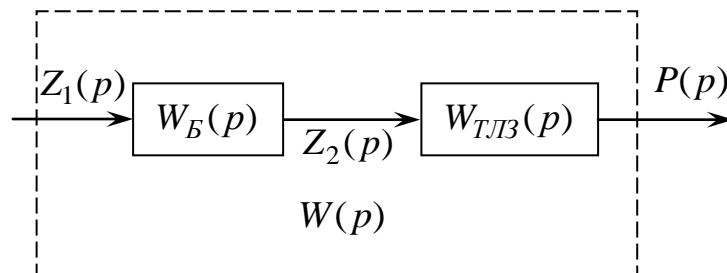


Рис. 2.6. Структурна схема ТЛЗ

Позначення на рис. 2.6: $W_B(p)$ – передатна функція бункера; $W_{ТЛЗ}(p)$ – передатна функція ТЛЗ; $Z_1(p)$, $Z_2(p)$, $P(p)$ – зображення по Лапласу функцій часу $Z_1(t)$, $Z_2(t)$, $P(t)$. $W(p)$ – передатна функція об’єкту керування, де Р – оператор Лапласа.

Передатна функція об’єкту керування при послідовному з’єднанні об’єктів

$$W(p) = W_B(p) \cdot W_{ТЛЗ}(p), \quad (2.2)$$

Передатна функція бункера з рудою [9]:

$$W_B(p) = \frac{\kappa_B}{T_B(p) + 1}, \quad (2.3)$$

Де κ_B – передатний коефіцієнт бункера; T_B – постійна часу бункера;

Передатна функція ТЛЗ [9]:

$$W_{TLZ}(p) = \frac{\kappa_{TLZ}}{T_{TLZ}(p) + 1} e^{-p\tau_{TLZ}}, \quad (2.4)$$

де κ_{TLZ} – передатний коефіцієнт ТЛЗ; T_{TLZ} – постійна часу бункера; τ_{TLZ} – транспортне запізнення в ТЛЗ.

Передатна функція ТЛЗ:

$$W(p) = \frac{\kappa_B \cdot \kappa_{TLZ}}{(T_B p + 1)(T_{TLZ} p + 1)} e^{-p\tau_{TLZ}}, \quad (2.5)$$

Замінюючи оператор Лапласа p на $j\omega$ та виконуючи елементарні перетворення, одержимо модуль комплексного коефіцієнту передачі ТЛЗ:

$$| \kappa(j\omega) | = \frac{\kappa}{\sqrt{(1 - \omega^2 T_1)^2 + \omega^2 T_2^2}}, \quad (2.6)$$

Де $\kappa = \kappa_B \cdot \kappa_{TLZ}$; $T_1 = T_B$; $T_2 = T_{TLZ}$; ω – кругова частота.

Відомо, що спектральна щільність сигналу активної потужності на виході технологічної лінії збагачення:

$$S_2(\omega) = S_\kappa(\omega) \cdot |\kappa(j\omega)|^{-2} = A \frac{\sin \frac{\omega_\kappa \tau}{2}}{\frac{\omega_\kappa T}{2}} \cdot \frac{\kappa^2}{(1 - \omega^2 T_1)^2 + \omega^2 T_2^2}, \quad (2.7)$$

Спектральна потужність визначає динамічну складову електричної енергії, що споживається процесом збагачення руди.

$$\tilde{E}_\kappa = \int_0^\infty S_2(\omega) d\omega, \quad (2.8)$$

Графічно це показано на рис. 2.7.

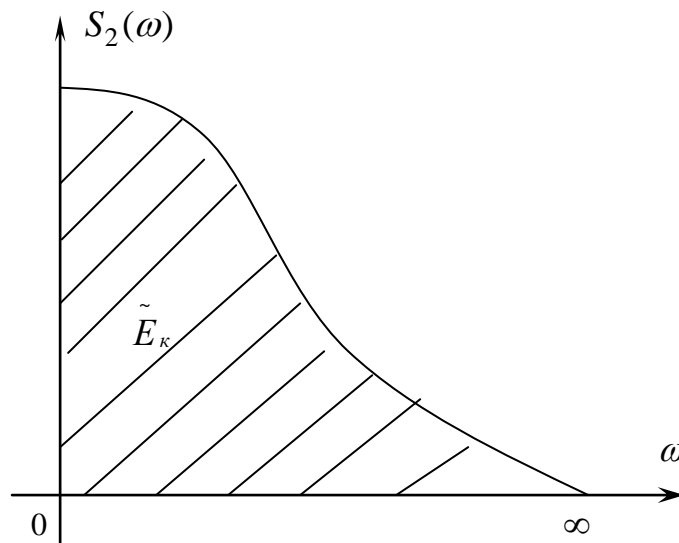


Рис. 2.7. Графічна інтерпретація активної потужності, що споживається процесом збагачення руди

За допомогою оберненого перетворення Фур'є можливо за спектральною щільністю процесу $S_2(\omega)$ визначити сам процес коливання активної потужності $\tilde{P}(t)$ та розрахувати витрати електроенергії на динаміку процесу збагачення руди за заданий період часу T_z (зміна, доба, місяць).

$$\tilde{C}_e = \int_0^{T_3} \tilde{P}(t) dt, \quad (2.8)$$

де \tilde{C}_e – витрати електроенергії на динаміку процесу збагачення.

2.2. Критерій оптимізації собівартості виробництва концентрату в умовах збагачувальної фабрики

Від динаміки рудопотоку залежить і кількість спожитої електроенергії і відповідно енергетична складова собівартості продукції. Графік коливань активної потужності, споживаної електроприймачами збагачувальної фабрики, уявляє собою випадковий процес зі змінною амплітудою та частотою, параметри якого залежать від параметрів рудопотоку на вході фабрики.

Загальне споживання електричної енергії збагачувальної фабрики визначається активною потужністю, що споживається електроприймачами фабрики. Використовувана активна потужність прямо залежить від параметрів рудопотоку на вході ТЛЗ.

$$P(t) = F(z, T), \quad (2.9)$$

де $P(t)$ – величина використовуваної потужності; z, T – параметри рудопотоку. Для розробки критерія використано результати роботи [45].

На даний момент більшість виробничих підприємств працює в умовах двох- або трьохзонного тарифу на електричну енергію. Загальні тарифні сітки зображено на рис. 2.8, 2.9, де K_t – тарифний коефіцієнт.

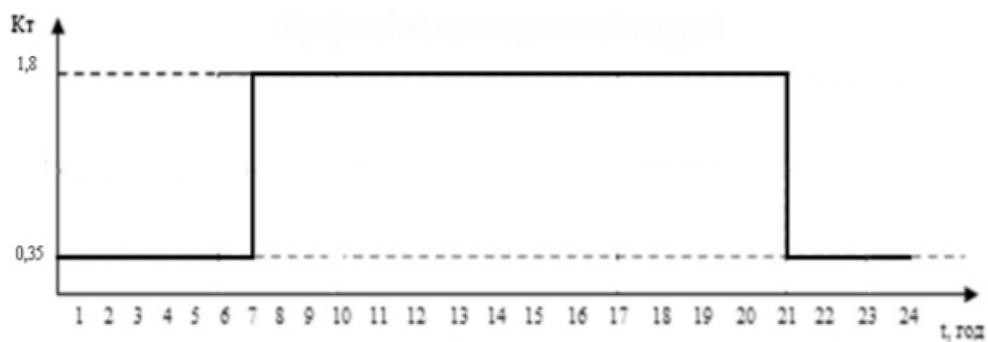


Рис. 2.8. Двоступінний тариф на електроенергію

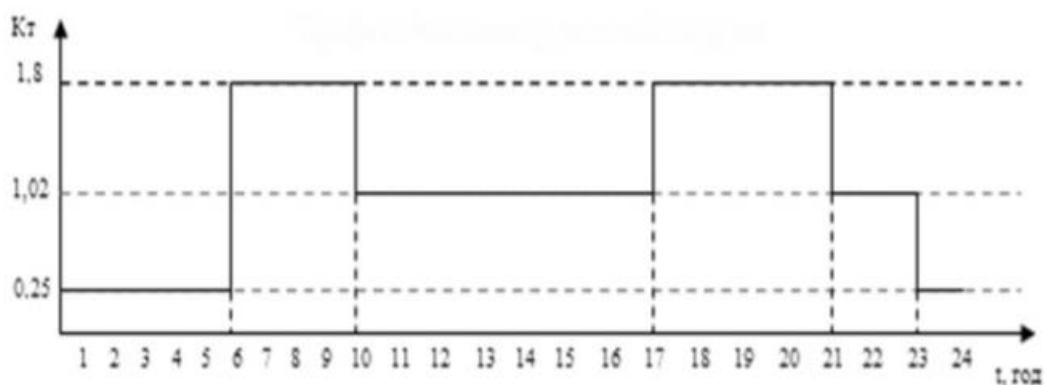


Рис. 2.9. Триступінний тариф на електроенергію

Графік змін активної потужності у часі з урахуванням багатозонального тарифу на електроенергію зображено на рис. 2.10.

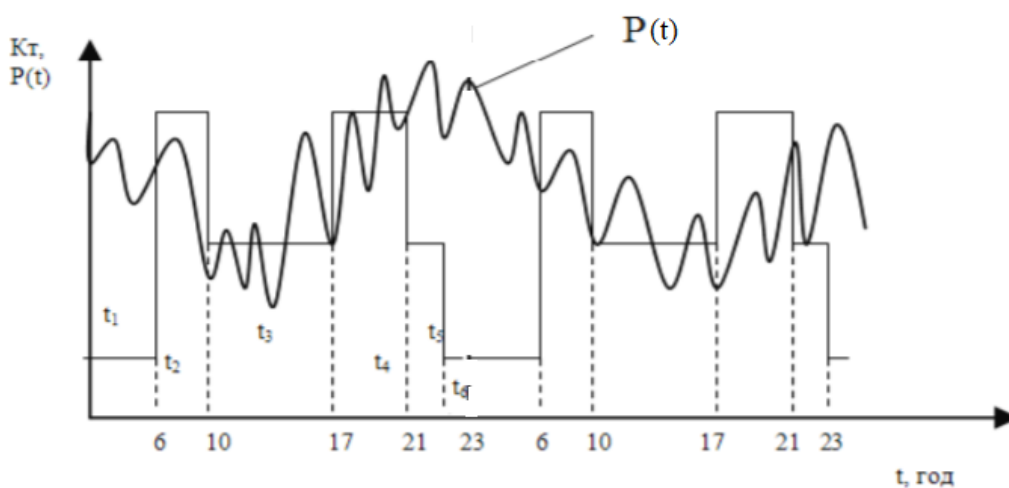


Рис. 2.10. Коливання активної потужності в умовах багатозонального тарифу

Відомо, що оплата за електричну енергію згідно багатозонального тарифного коефіцієнту в загальному вигляді представляє [45]

$$C_{ел} = \sum_{n=1}^3 C_{одел} \cdot \kappa_{m_n} \cdot A_n, \quad (2.10)$$

де $C_{ел}$ – загальні витрати на споживану електроенергію; $C_{одел}$ – ціна за одиницю спожитої електроенергії; κ_{m_n} – тарифний коефіцієнт n-ої зони; A_n – кількість енергії спожитої в n-ій тарифній зоні. Виходячи з того, що

$$A = P \cdot t, \quad (2.11)$$

формуємо основне рівняння розрахунку енергетичної складової собівартості продукції збагачувальної фабрики для тризонного тарифу на електроенергію

$$\begin{aligned} C_{ел} = & C_{одел} \cdot \kappa_{m_1} \sum_0^{t_1} P(t) + C_{одел} \cdot \kappa_{m_2} \sum_{t_1}^{t_2} P(t) + \\ & + C_{одел} \cdot \kappa_{m_3} \sum_{t_2}^{t_3} P(t) + C_{одел} \cdot \kappa_{m_2} \sum_{t_3}^{t_4} P(t) + \quad , \quad (2.12) \\ & + C_{одел} \cdot \kappa_{m_3} \sum_{t_4}^{t_5} P(t) + C_{одел} \cdot \kappa_{m_1} \sum_{t_5}^{t_6} P(t) \rightarrow \min \end{aligned}$$

В умова двозонного тарифу на електроенергію, рівняння буде мати вигляд

$$C_{ел} = C_{одел} \cdot \kappa_{m_1} \sum_0^{t_1} P(t) + C_{одел} \cdot \kappa_{m_2} \sum_{t_1}^{t_2} P(t) + C_{одел} \cdot \kappa_{m_1} \sum_{t_2}^{t_3} P(t) \rightarrow \min, \quad (2.13)$$

Таким чином питомі витрати на електроенергію на виробництво тони залізорудного концентрату будуть дорівнювати

$$C_{num} = \frac{C_{el}}{Q} \rightarrow \min, \quad (2.14)$$

де C_{num} – питомі витрати на електроенергію на одиницю продукції, Q – загальний об'єм виробленої продукції.

Через те, що показником ефективності роботи підприємства вважається показник собівартості на одиницю продукції, то критерій оптимізації буде мати вигляд

$$C_{cn} = C_{cnyn} + C_{cnz} = C_{cnyn} + C_{cnzyn} + C_{num} \rightarrow \min, \quad (2.15)$$

де C_{cn} – собівартість одиниці продукції; C_{cnyn} – умовно-постійна складова питомих витрат; C_{cnz} – змінна складова питомих витрат; C_{cnzyn} – умовно-постійна складова змінних витрат (складова яка в даній роботі розглядається як константа).

2.3. Дослідження та вибір керуючих впливів на витрати електричної енергії при виробництві концентрату.

Динаміка енергоспоживання в значній мірі залежить від динаміки параметрів технологічних об'єктів секції збагачення, таких як: стала часу бункеру з рудою T_1 , яка в свою чергу визначається запасом руди в бункері та продуктивністю конвейера, що живить секцію збагачення руди; коефіцієнту передачі секції збагачення K ; стала часу T_2 секції збагачення та частоти коливань ω якості руди на вході бункеру $Z(t)$.

Нам треба дослідити вплив динамічних параметрів технологічних об'єктів T_1 , T_2 , K , ω на амплітуду та фазу коливань активної потужності $P(t)$,

що споживається секцією збагачення та зробити висновки щодо керуючих впливів на витрати електричної енергії при виробництві концентрату. Схема об'єкту дослідження має вигляд на рис. 2.11:

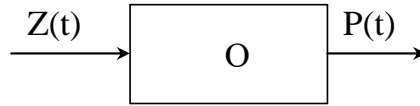


Рис. 2.11. Схема об'єкту дослідження

Позначення на рис. 2.11: О – об'єкт дослідження; $Z(t)$ – процес коливання якості руди; $P(t)$ – процес коливання активної потужності

Для дослідження електроспоживання в умовах багатозонального тарифу на електроенергію доцільно вибрати основну гармоніку змінно-добових коливань з періодом T_z – одна зміна, тобто 8 годин.

$$Z(t) = A_1 \sin \omega t, \quad (2.8)$$

де ω – кутова частота; $A_1 = 1,2\%$, $0 \leq \omega t \leq 6\pi$, $\omega = 0,785 \frac{1}{\text{час}}$.

Графік функції (2.8) наведено на рис. 2.12.

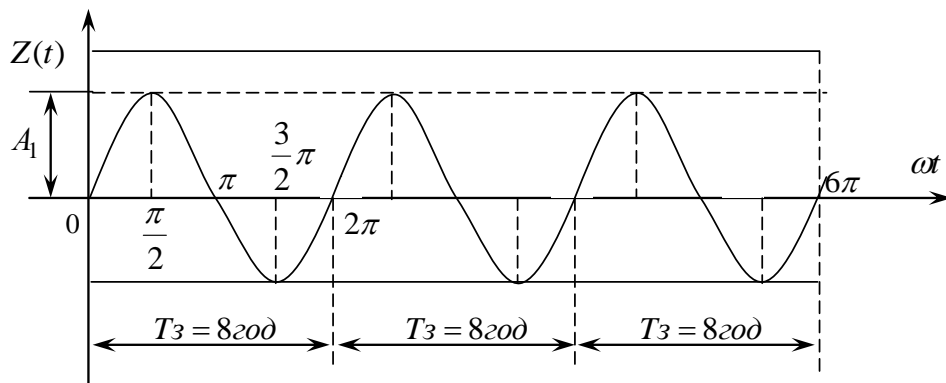


Рис. 2.12. Графік вхідного сигналу

Вихідний сигнал:

$$P(t) = A_2 \sin \omega t - \theta, \quad (2.9)$$

Де A_2 – амплітуда вихідного сигналу; θ – фаза вихідного сигналу.

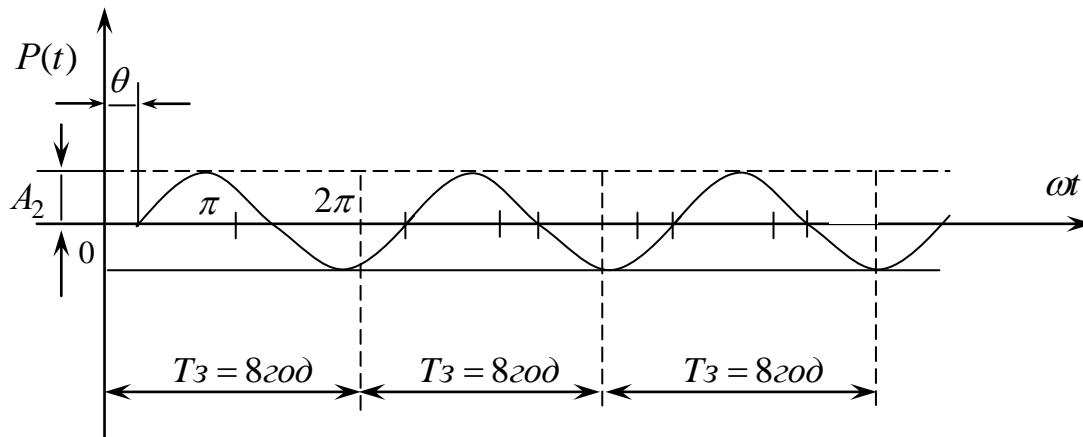


Рис. 2.13. Графік вихідного сигналу

Амплітуда вихідного сигналу A_2 згідно із [47] буде:

$$A_2 = A_1 \frac{\kappa}{\sqrt{(1 - \omega^2 T_1^2)^2 + \omega^2 T_2^2}}, \quad (2.10)$$

де θ – фаза вихідного сигналу, [рад].

$$\theta = \arctg \left(- \frac{\omega T_2}{1 - \omega^2 T_1^2} \right) \quad (2.11)$$

Значення змінних $\kappa=150$ мВт/%, $T_2=0,5$ год, $T_1=3$ год.

Для дослідження впливу параметрів технологічної лінії на енергоспоживання процесу збагачення треба побудувати графіки залежностей амплітуди A_2 та фази коливань θ від відповідних параметрів.

$$A_2 = f(\omega), \theta = f(\omega), T_2 = \text{const}, T_1 = \text{const}, \omega = (6,28; 3,14; 1,57; 0,785; 1,0467) \frac{1}{\text{год}}.$$

$$A_2 = f(T_1), \theta = f(T_1), \omega = \text{const}, T_2 = \text{const}, T_1 = (3,4,5,8,10) \text{ год}.$$

$$A_2 = f(T_2), \theta = f(T_2), \omega = \text{const}, T_1 = \text{const}, T_2 = (0,25; 0,5; 1,0) \text{ год}.$$

$$A_2 = f(\kappa), \omega = \text{const}, T_1 = \text{const}, T_2 = \text{const}, \kappa = (100; 150; 200)$$

Відповідні графіки наведені на рис. 2.14-2.18.

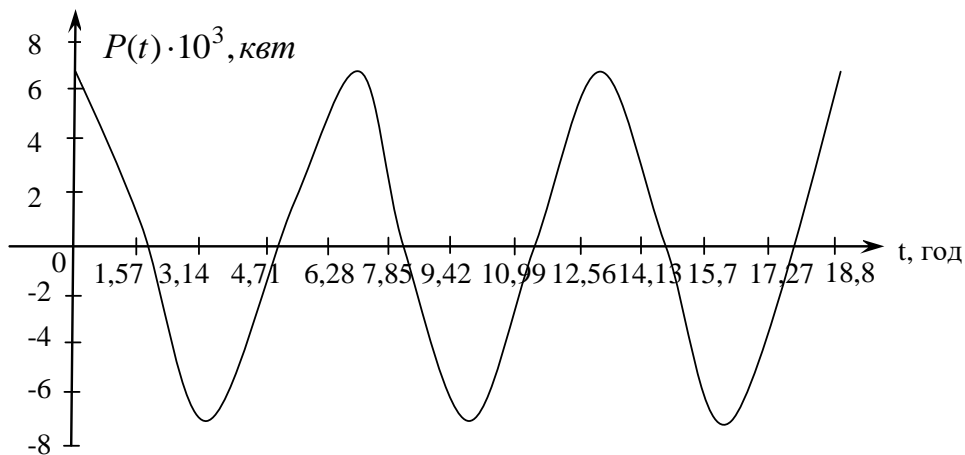
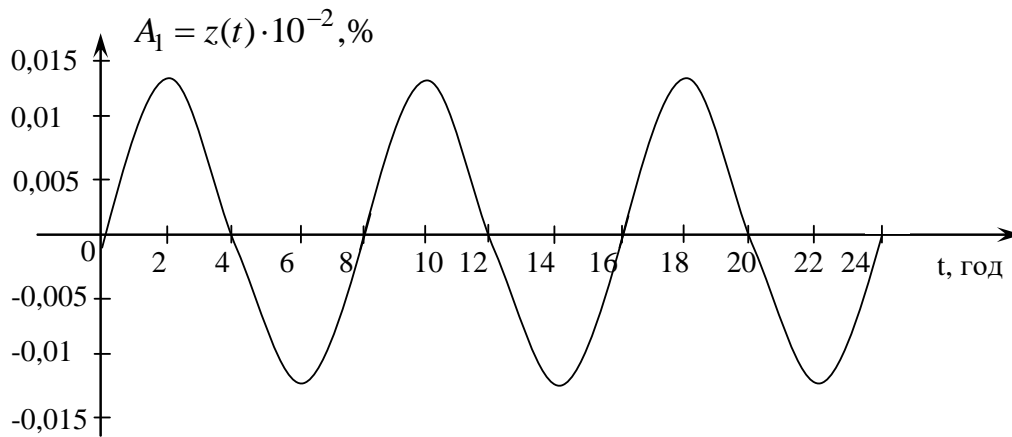


Рис. 2.14. Графіки коливань основної гармоніки вхідного та вихідного сигналів

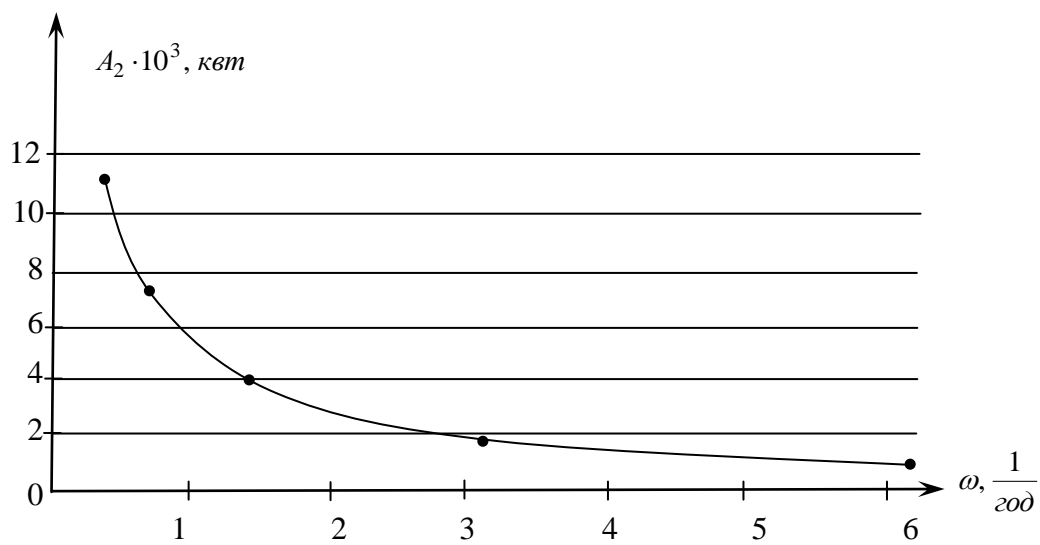
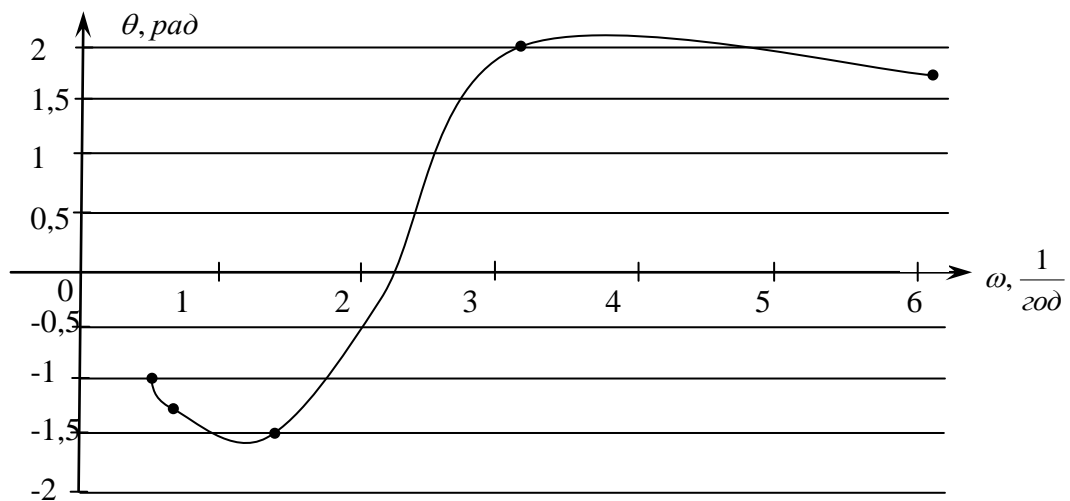


Рис. 2.15. Графіки залежності фази $\theta = f(\omega)$ та амплітуди $A_2 = f(\omega)$, від частоти коливань якості руди

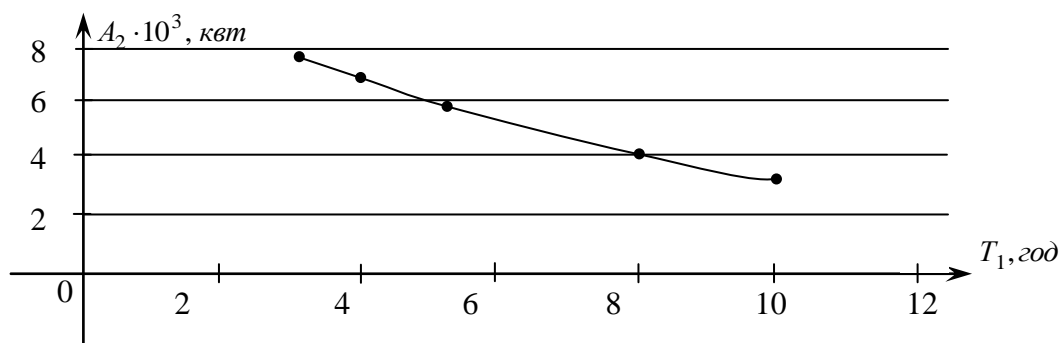
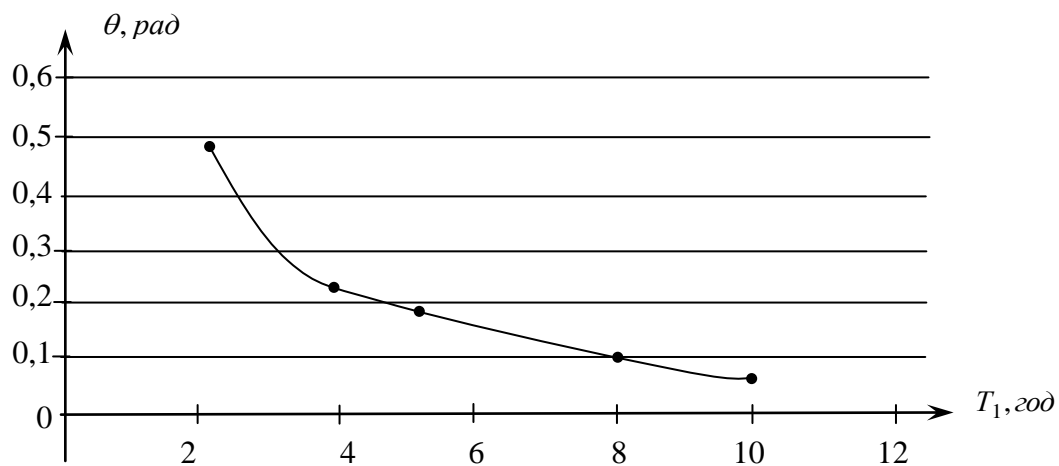


Рис. 2.16. Графіки залежності фази $\theta = f(T_1)$ та амплітуди $A_2 = f(T_1)$, вихідних коливань потужності від сталої часу або запасу руди в бункерах

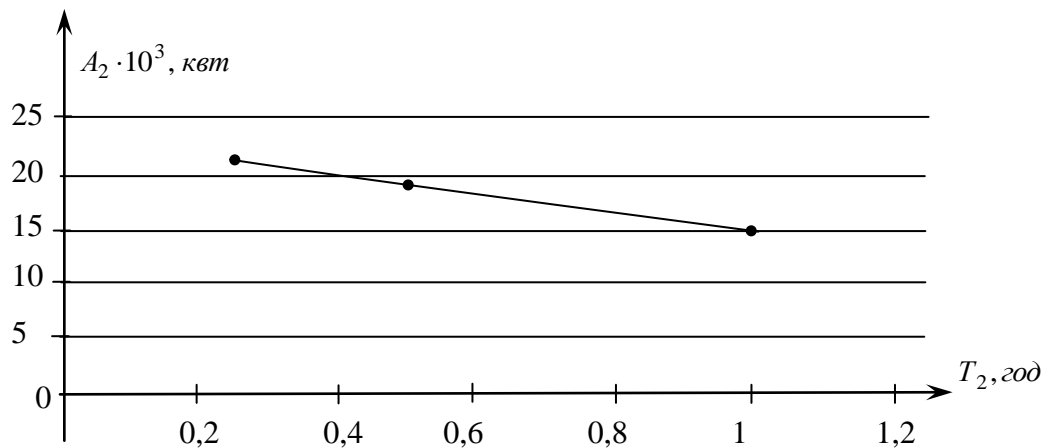
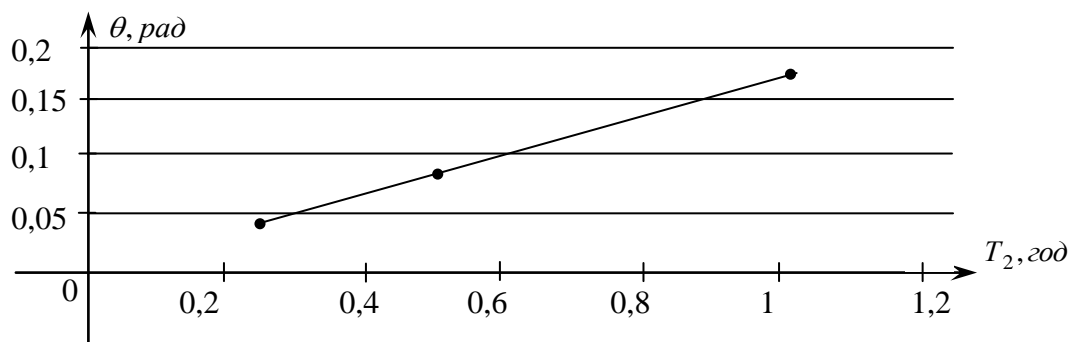


Рис. 2.17. Графіки залежності фази $\theta = f(T_2)$ та амплітуди $A_2 = f(T_2)$, коливань динамічної складової активної потужності, що споживається процесом збагачення від сталої часу технологічної лінії

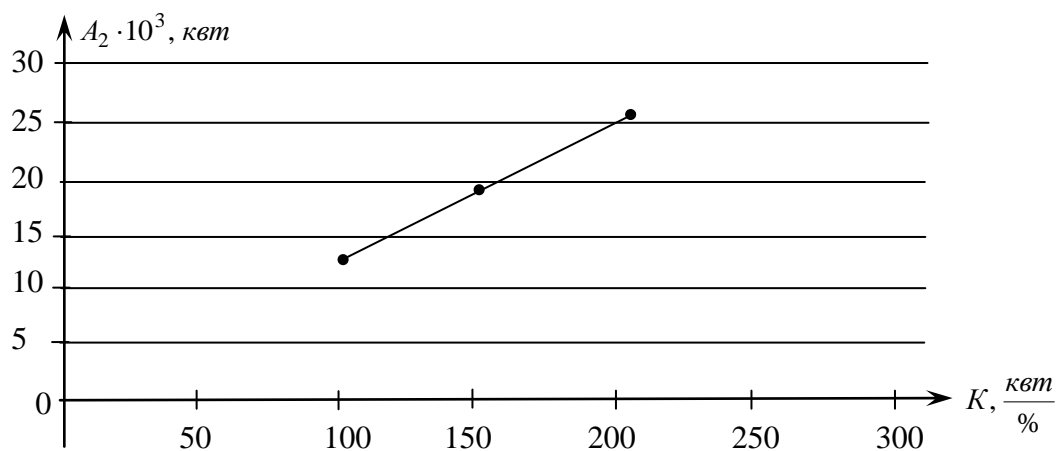


Рис. 2.18. Графік залежності амплітуди коливань $A_2 = f(K)$ активної потужності від коефіцієнту передачі K технологічної лінії збагачення

Виконуємо дослідження впливу параметрів технологічної лінії збагачення на амплітудну частоту $A(\omega)$ та фазову частоту $\phi(\omega)$ характеристики з метою виробу керуючих впливів на амплітуди і фази спектральних складових сигналу активної потужності, що споживається процесом збагачення. Дослідження виконаємо з використанням математичного пакету Mathcad.

а) дослідження впливу сталої часу бункеру T_1 виконане для значень $T_1=3$; $T_1=5$; $T_1=7$; $T_2=0,5$ год. Результати дослідження наведені на рис. 2.19 [а, б, с]

$$(k_1 \ k_2 \ T_1 \ T_2) := (1 \ 150 \ 3 \ 0,5)$$

$$W(s) = \frac{k_1 \cdot k_2}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_2 \cdot s)}$$

$$A(\omega) = |W(i \cdot \omega)|$$

$$\phi(\omega) = \arg(W(i \cdot \omega))$$

$$T_1 = 3; \ T_2 = 0,5.$$

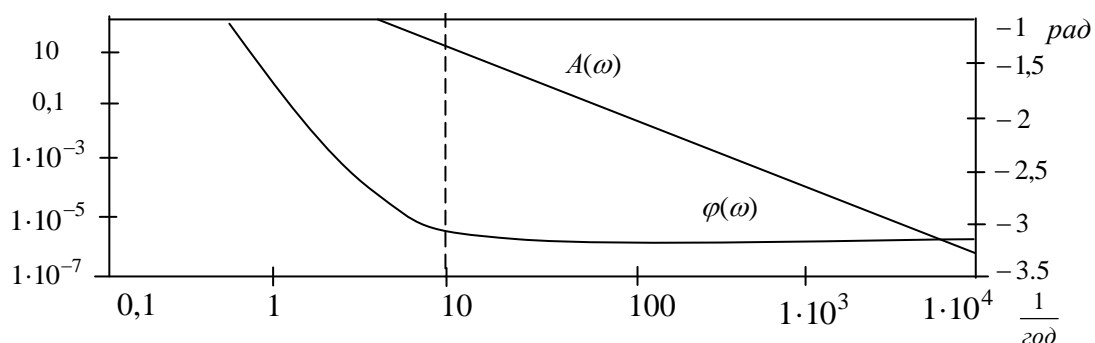


Рис. 2.19 а. Характеристика $A(\omega)$ і $\phi(\omega)$ для значення $T_1 = 3$ год, $T_2 = 0,5$ год.

$$(k_1 \ k_2 \ T_1 \ T_2) := (1 \ 150 \ 5 \ 0,5)$$

$$W(s) = \frac{k_1 \cdot k_2}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_2 \cdot s)}$$

$$A(\omega) = |W(i \cdot \omega)|$$

$$\phi(\omega) = \arg(W(i \cdot \omega))$$

$$T_1 = 5; \ T_2 = 0,5.$$

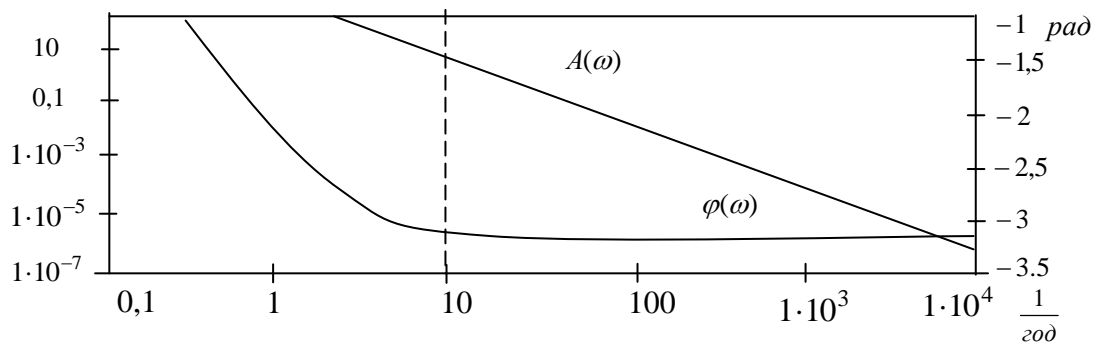


Рис. 2.19 б. Характеристика $A(\omega)$ і $\phi(\omega)$ для значення $T_1 = 5$ год, $T_2 = 0,5$ год.

$$(k_1 \ k_2 \ T_1 \ T_2) = (1 \ 150 \ 7 \ 0,5)$$

$$W(s) = \frac{k_1 \cdot k_2}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_2 \cdot s)}$$

$$A(\omega) = |W(i \cdot \omega)|$$

$$\phi(\omega) = \arg(W(i \cdot \omega))$$

$$T_1 = 7; \ T_2 = 0,5.$$

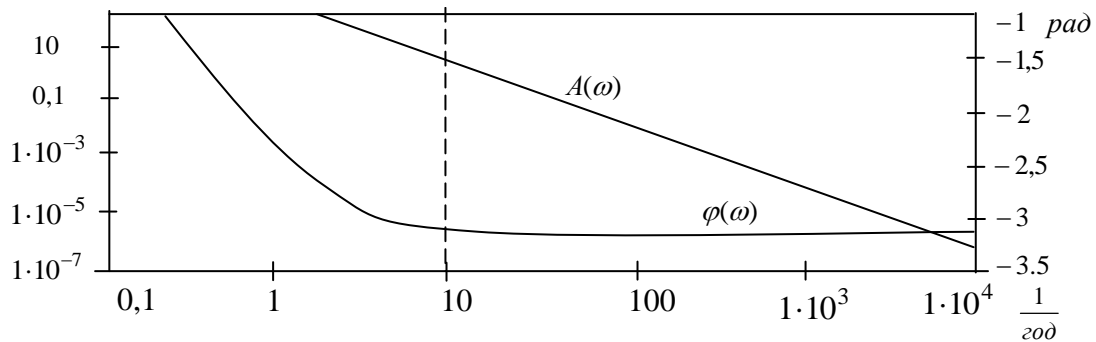


Рис. 2.19 с. Характеристика $A(\omega)$ і $\phi(\omega)$ для значення $T_1 = 7$ год, $T_2 = 0,5$ год.

Б) Дослідження впливу сталих часу T_1 , T_2 на $A(\omega)$ та $\phi(\omega)$ для значень $T_1 = 3, 5, 7$ год, $T_2 = 0,75$ год наведені на рис. 2.20 (а, б, с).

$$(k_1 \ k_2 \ T_1 \ T_2) = (1 \ 150 \ 3 \ 0,75) ; W(s) = \frac{k_1 \cdot k_2}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_2 \cdot s)} ;$$

$$A(\omega) = |W(i \cdot \omega)| ; \phi(\omega) = \arg(W(i \cdot \omega))$$

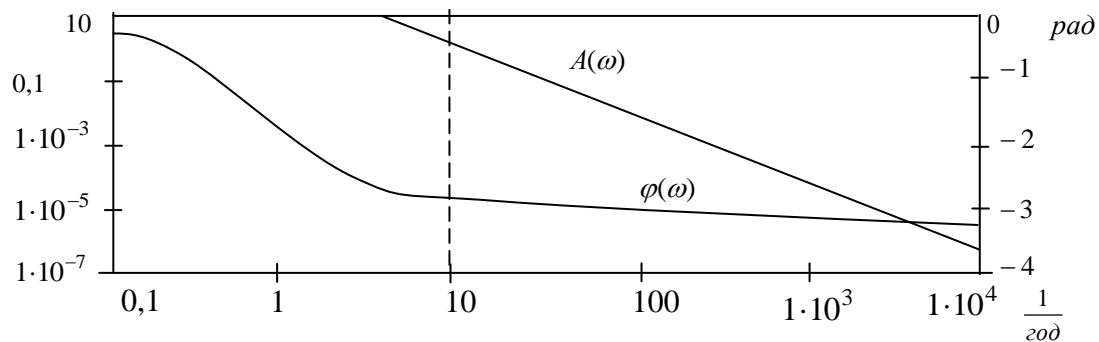


Рис. 2.20 (а). Характеристика $A(\omega)$ і $\phi(\omega)$ для значення $T_1 = 3$ год, $T_2 = 0,75$ год.

$$(k_1 \ k_2 \ T_1 \ T_2) = (1 \ 150 \ 7 \ 0,75) ;$$

$$W(s) = \frac{k_1 \cdot k_2}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_2 \cdot s)} ; A(\omega) = |W(i \cdot \omega)| ;$$

$$\phi(\omega) = \arg(W(i \cdot \omega))$$

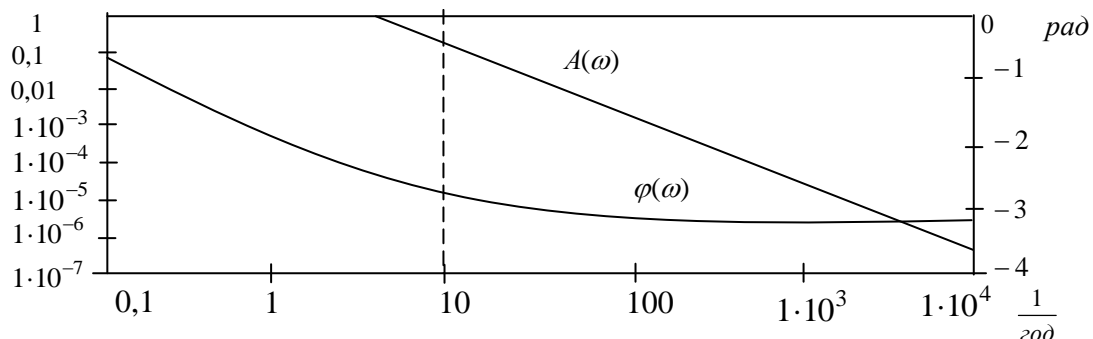


Рис. 2.20 (б). Характеристика $A(\omega)$ і $\phi(\omega)$ для значення $T_1 = 7$ год, $T_2 = 0,75$

год

$$(k_1 \ k_2 \ T_1 \ T_2) = (1 \ 150 \ 5 \ 0,75)$$

$$W(s) = \frac{k_1 \cdot k_2}{(1 + T_1 \cdot s) \cdot (1 + T_2 \cdot s)}$$

$$A(\omega) = |W(i \cdot \omega)|$$

$$\phi(\omega) = \arg(W(i \cdot \omega))$$

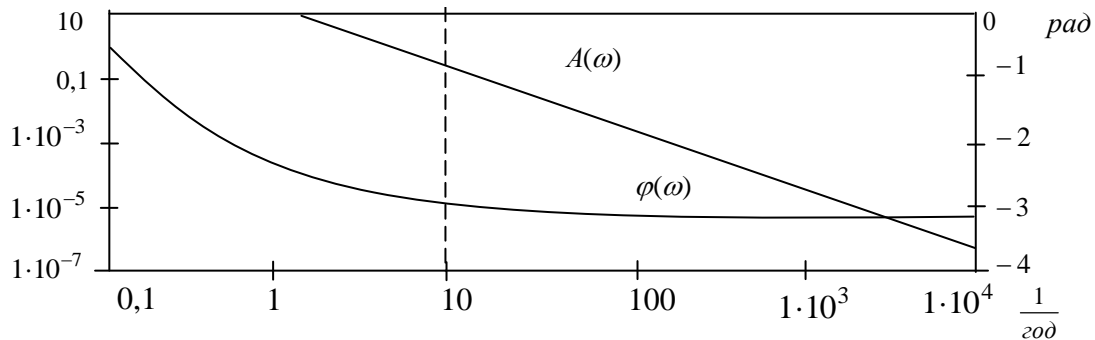


Рис. 2.20 (с). Характеристика $A(\omega)$ і $\phi(\omega)$ для значення $T_1 = 5$ год, $T_2 = 0,75$ год.

Аналіз графіків амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик показує, що реальним управляючим впливом на динаміку енергоспоживання є частота подачі руди в бункер в діапазоні $\omega_{\min} = 0,1 \frac{1}{\text{год}}$ до $\omega_{\max} = 10 \frac{1}{\text{год}}$, що відповідає згідно із формулою $T = \frac{2\pi}{\omega}$ періодам коливання 0,628 год – 6,28 год. Тобто в діапазоні змінно-добових коливань. При чому, коли частота завантаження $\omega > 10 \frac{1}{\text{год}}$, то фаза гармонійних складових буде постійною.

2.4. Моделювання динаміки енергоспоживання

Метою моделювання є знаходження раціонального співвідношення періоду T та часу τ завантаження бункерів збагачувальної фабрики, що забезпечують мінімальне значення енергетичної складової собівартості виробництва концентрату.

Моделювання виконувалось з використанням математичного пакету Mathcad на основі математичних моделей, наведених у розділі 2, для різних значень параметрів завантаження бункерів збагачувальної фабрики.

На основі результатів моделювання, наведених у додатку 1, складено таблицю 2.1 та побудовано графіки рис. 2.21.

Позначення у таблиці 2.1: A – масова доля заліза в руді, %; τ – тривалість завантаження, час; T – період завантаження бункерів; E – енергія, що споживається на коливання технологічного процесу, кВт·год.

Аналіз результатів моделювання показує, що для базового режиму завантаження (№15 в табл.1) бункерів рудою при періоді $T=8$ год, тривалість завантаження бункерів рудою $\tau=2$ години, енергія, що споживається на коливання технологічного процесу $E=4,3$ кВт·год за одну зміну або 12900 кВт·год за добу.

Найкращим режимом завантаження бункерів, що характеризується мінімальним значенням енергоспоживання, буде режим №12 у табл. 2.1 з параметрами:

- період завантаження $T=4$ год;
- тривалість завантаження бункерів $\tau=1$ год;
- енергія, що споживається на коливання технологічного процесу $E=156$ кВт·год за зміну або 468 кВт·год за добу.

Економія електроенергії за добу при однозонному тарифі 2 грн за кВт·год складає 12432 кВт·год, вартість якої складає 24864 грн, а за рік близько 9 млн. грн.

При багатозонному тарифі на електроенергію необхідно взаємно узгоджувати у часі максимуми активної потужності, що споживається та мінімуми значень тарифних коефіцієнтів.

Приклад такого узгодження наведено на рис. 2.22. На цьому рисунку наведені добові часові графіки зміни активної потужності, трьохзонного тарифу на електроенергію та графік завантаження бункерів.

З графіків рис. 2.22 видно, що завантаження бункера треба починати з 3 години ночі з періодом 4 години та тривалістю 1 година. За виконання цього графіку оператору завантаження бункерів призначається премія за рахунок економії електроенергії. Контроль за виконанням цього графіку завантаження покладається на диспетчера збагачувальної фабрики. За невиконання графіку на оператора завантаження бункерів накладається штраф.

Таблиця 2.1. Результати моделювання

№	A, %	τ , год	T, год	E, кВт·год
1	4	4	12	$8,51 \cdot 10^4$
2	4	3	12	$6,94 \cdot 10^4$
3	4	2	12	$4 \cdot 10^4$
4	4	1	12	$2,54 \cdot 10^4$
5	4	4	16	$1,46 \cdot 10^5$
6	4	3	16	$1,14 \cdot 10^5$
7	4	2	16	$7,88 \cdot 10^4$
8	4	1	16	$4,02 \cdot 10^4$
9	4	4	4	$2,7 \cdot 10^{-14}$
10	4	3	4	155,93
11	4	2	4	220,512

12	4	1	4	155,93
13	4	4	8	6106
14	4	3	8	$5,642 \cdot 10^3$
15	4	2	8	$4,3 \cdot 10^3$
16	4	1	8	$2,34 \cdot 10^3$

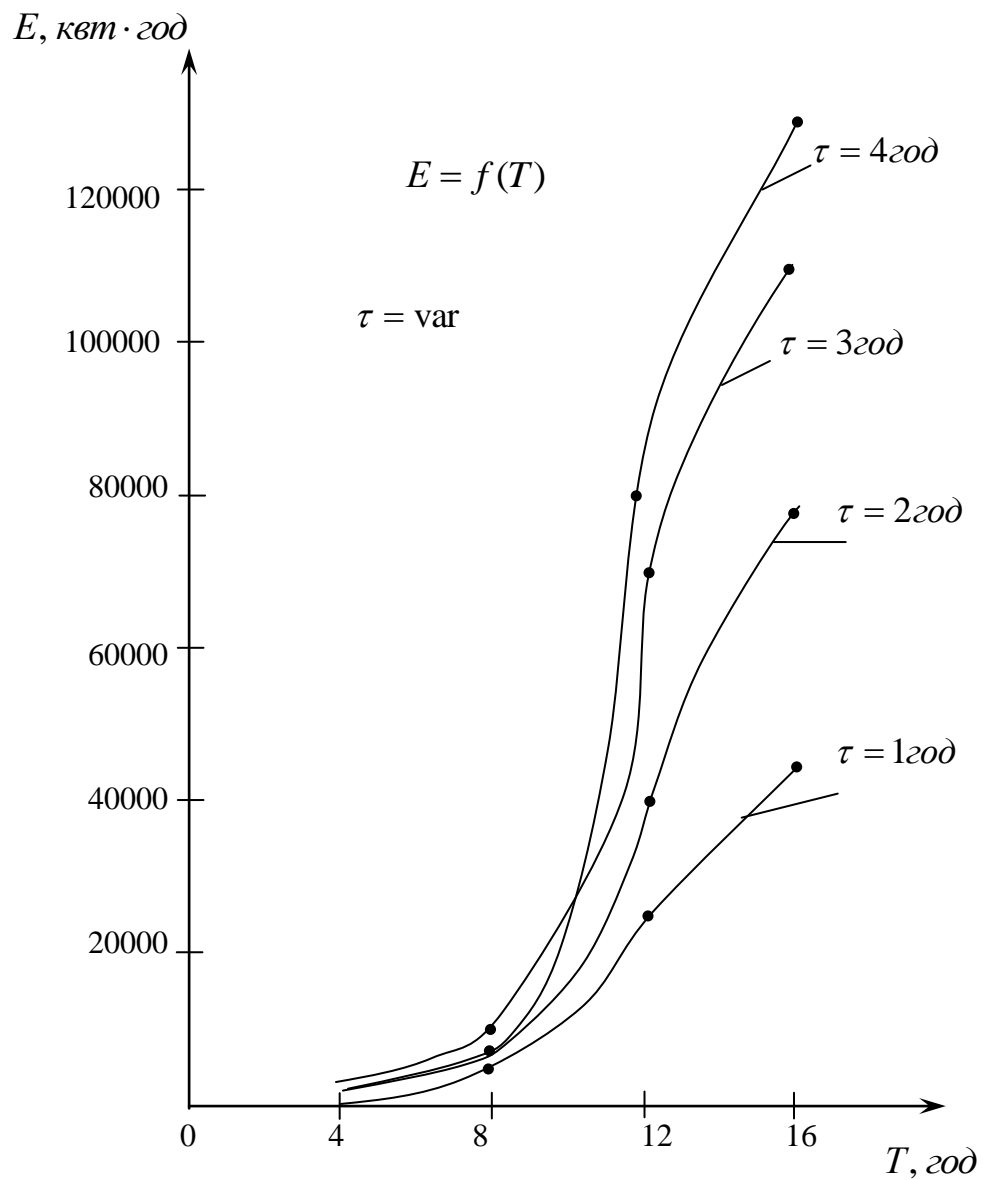


Рис. 2.21. Графіки залежності витрат електроенергії на коливання E від періоду завантаження бункерів T та тривалості завантаження

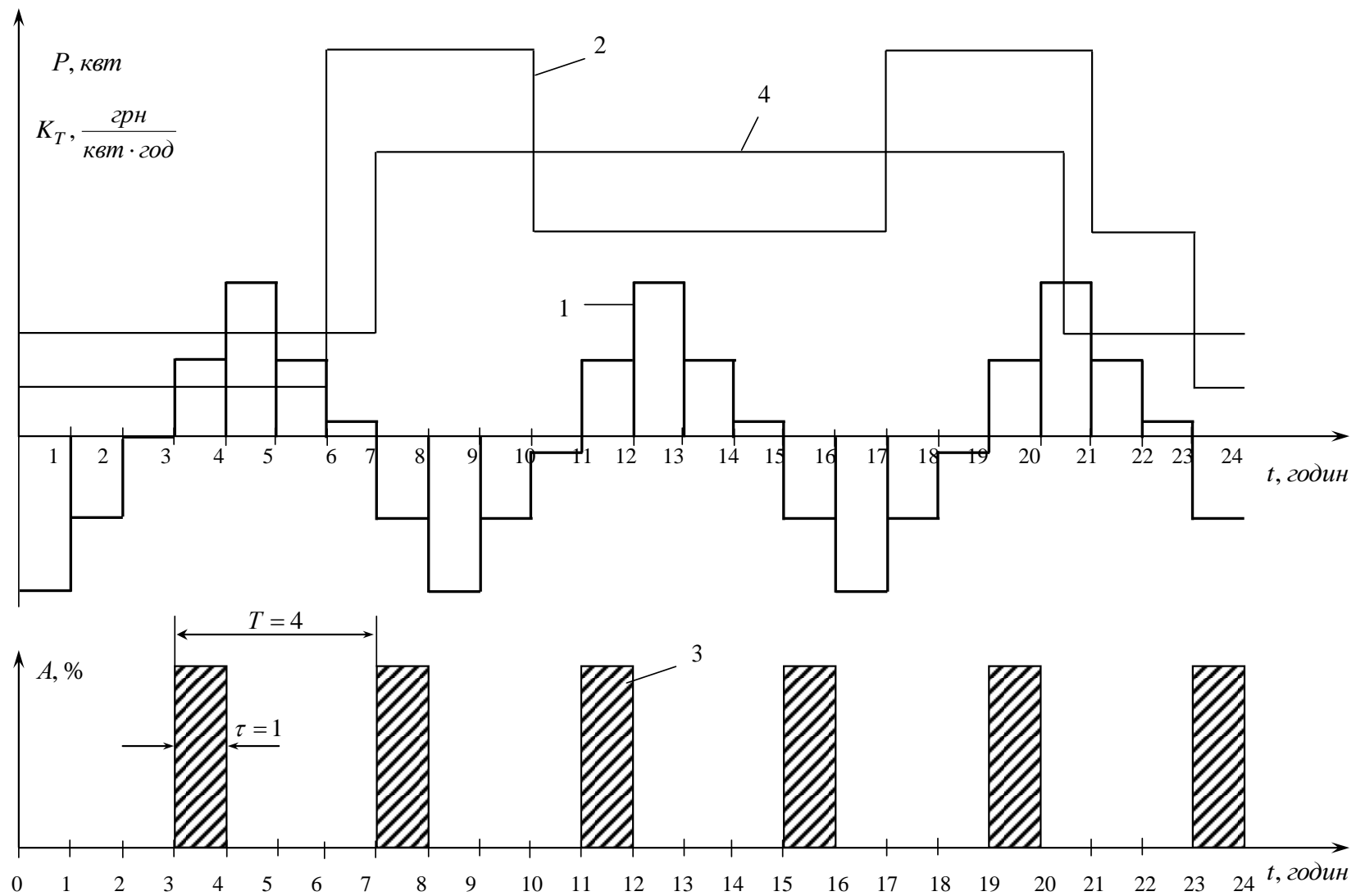


Рис. 2.22. Добові часові графіки зміни: активної потужності – 1, трьохзонного тарифу на електроенергію – 2, завантаження бункерів рудою – 3, двохзонний тариф на електроенергію – 4

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Амплітуда та фаза змінно-добових коливань електричної активної потужності, що споживається процесом збагачення руди, а також відповідна енергетична складова собівартості залізорудного концентрату залежить через динамічні параметри сталих часу та коефіцієнта передачі від запасів руди в бункерах та технологічних агрегатах секції млинів, класифікаторів, дешламаторів, продуктивності секції по руді, витрат води в агрегати та щільності пульпи.
2. Для стабілізації режиму енергоспоживання необхідна стабілізація запасів та витрат руди, витрат води та щільності пульпи за допомогою систем автоматичного регулювання.
3. Організаційне управління з метою зменшення витрат електроенергії в умовах багатозонального тарифу на електроенергію можливо за рахунок раціональної організації завантаження рудою бункерів збагачувальної фабрики. З цією метою необхідно впровадити систему матеріального та морального стимулювання оперативного персоналу збагачувальної фабрики.
4. Для умов Центрального гірничо-збагачувального комбінату найкращим режимом завантаження бункерів збагачувальної фабрики буде режим з параметрами: період завантаження 4 години, тривалість завантаження 1 година. При таких параметрах економія електроенергії за добу порівняно із базовим режимом складає 12432 квт·год за добу, що складає 24864 грн, а за рік близько 9 млн. грн..

3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ МАТЕРІАЛЬНОГО ТА МОРАЛЬНОГО СТИМУЛЮВАННЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛУ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ

Розглянемо основні моменти існуючої системи мотивації та стимулювання праці на підприємстві ПАТ «Інгулецький гірничозбагачувальний комбінат». Підприємство входить до складу гірничодобувного дивізіону групи Метінвест. До цієї групи також входять ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» та ПАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат». В сумі дані підприємства складають 50% підприємств даного типу Кривого Рогу. Особливостями кадрових питань на даних підприємства є введення в обіг єдиної бази даних працівників підприємств. Таким чином досягається контроль за пересуванням кадрів між цими підприємствами, тобто виконується функція стимулювання праці на рівні антистимулу: робітник знає, що якщо його буде звільнено, або він звільниться за власним бажанням, то його перспективи працювати на інших підприємствах даної групи практично дорівнюють нулю. Щодо матеріального стимулювання праці ситуація дещо інша: характерною особливістю даного питання в даній групі підприємств є розділення працівників не тільки за тарифними ставками, а й за кваліфікаційними групами всередині тарифної сітки. Тобто на посаду існує базова ставка. Кожні пів року проводиться кваліфікаційні іспити, згідно яких працівник переводиться до однієї з трьох груп: А, В або С. Група А не отримує доплат до базової ставки. Група В отримує доплату в розмірі 10% від базової ставки. Група С отримує доплату у розмірі 20% від базової ставки. Незважаючи на таку систему батога і пряника і досі на підприємствах даної групи існують проблеми з низькою зацікавленістю у результатах праці. Системи преміювань працівників робочої ланки на даних підприємствах не існує. Для нашої задачі чисельність працівників, згідно до даних збагачувальної фабрики Полтавського ГЗК

дорівнює 400, в тому числі 300 робітників та 100 інженерно-технічних працівників, включаючи персонал, що задіяний в процесі збагачення руди.

Таким чином впровадження управлінських рішень, що потребують підвищеної віддачі від працівників підприємства, потребує збільшення матеріальної а також нематеріальної зацікавленості робітників у результатах праці.

Як було сказано вище, впровадження нових управлінських рішень, що суттєво впливають на показники ефективності роботи підприємства, на процес складання оперативного та стратегічного плану роботи підприємства, а отже потребують підвищеної віддачі від працівників підприємства, потребує удосконалення системи мотивації та стимулювання праці. Однак спершу слід визначити, які саме управлінські рішення потрібно прийняти, які умови будуть необхідні для реалізації даних рішень, а також на які відділи та служби буде мати вплив дане управлінське рішення. Крім цього, потрібно визначити економічний ефект, який принесуть ті чи інші управлінські рішення. Згідно до моделі, що була розроблена в розділі 2 даної роботи та результатів, що були отримані у розділі 3, можна окреслити основні напрями управлінських рішень:

- структурування роботи підприємства згідно одного з багатозональних тарифів на електричну енергію;

- визначення при оперативному плануванні критерію роботи підприємства – максимізація випуску продукції, або мінімізація собівартості продукції;

- на основі закономірностей отриманих в результаті моделювання та на основі апостеріорних даних щодо класів руди що постачається, розробка плану-графіку подачі руди на підприємство відповідно до багатозонального тарифу на електроенергії за критерієм мінімізації собівартості продукції;

- відповідно до обраної стратегії діяльності підприємства – розробка оптимального плану-графіку проведення діагностичних та ремонтних робіт, для своєчасного виявлення проблем та їх усунення, для створення технічних

можливостей роботи підприємства за критерієм оптимальності в обраному режимі.

Всі управлінські рішення проходять згідно організаційної структури підприємства та функціональних зв'язків між підрозділами (рис. 3.1).

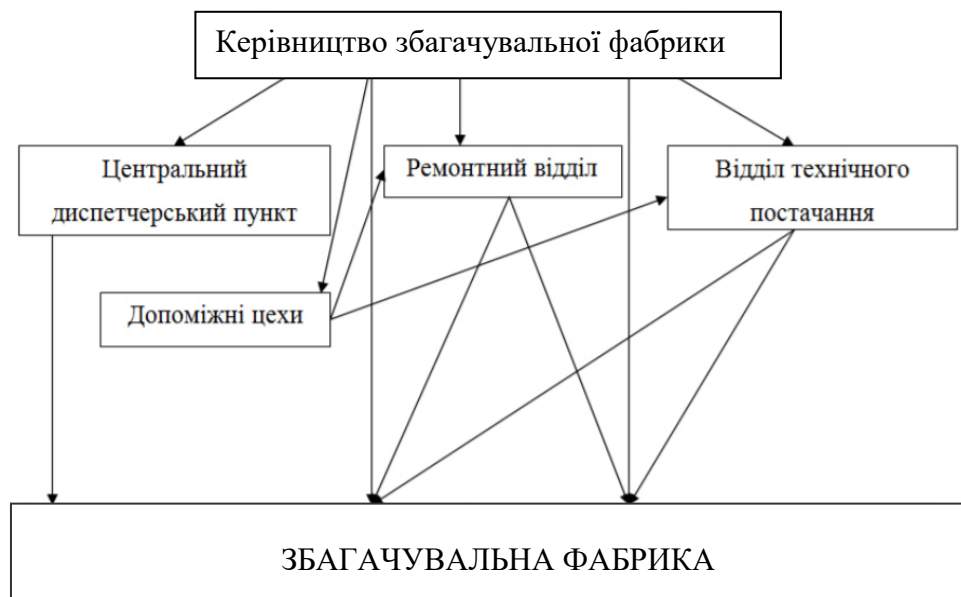


Рис. 3.1. Організаційна структура збагачувальної фабрики

В рамках організаційної структури підприємства процес прийняття управлінських рішень щодо оптимізації роботи підприємства має наступний вигляд (рис. 3.2)

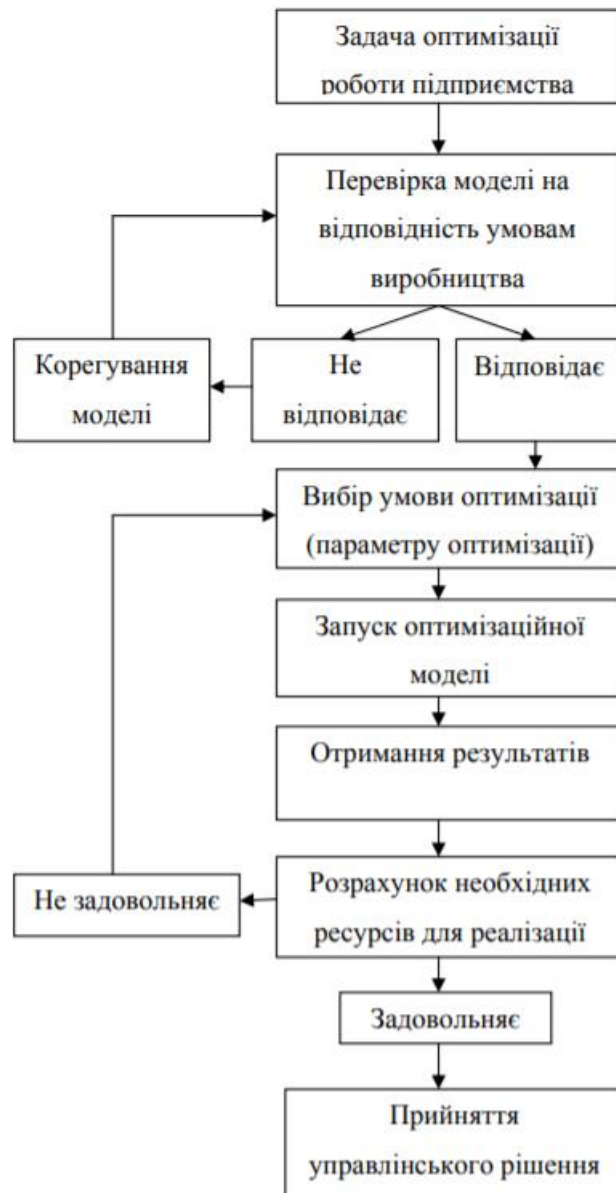


Рис. 3.2. Схема прийняття управлінського рішення

Крім схеми прийняття управлінських рішень слід враховувати також схему процесу впровадження організаційних та управлінських рішень на підприємстві.

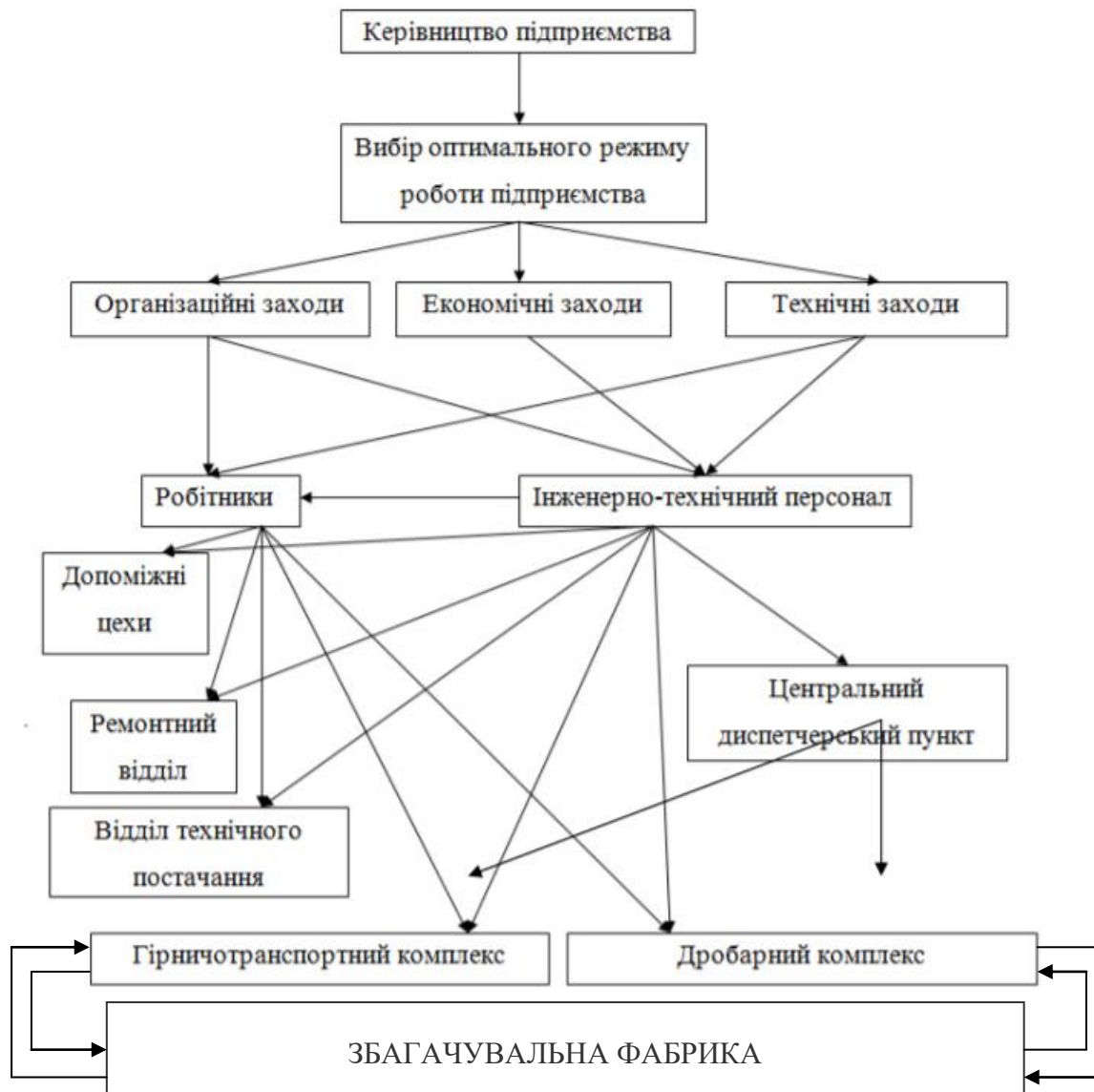


Рис. 3.3. Схема процесу впровадження організаційних та управлінських рішень

Виходячи із організаційної структури підприємства, та взаємодії структурних підрозділів згідно до функціональних обов'язків та технологічного циклу виробництва, були розроблені заходи організаційного та управлінського характеру для підвищення ефективності взаємодії підрозділів підприємства та роботи фабрики в цілому.

Організаційні та управлінські заходи на підприємстві

Тип заходів	Зміст заходів	Задіяні структурні одиниці	Задіяний персонал
Організаційні	Організація оптимального режиму роботи ГТК	Ремонтний відділ; Допоміжні цехи; Диспетчерський пункт; Відділ технічного постачання; ГТК	Робітники та ІТП
	Організація оптимального режиму роботи та взаємодії персоналу ДФ	Ремонтний відділ; Допоміжні цехи; Відділ технічного постачання; ДФ	Робітники та ІТП
	Організація оптимального режиму роботи та взаємодії ремонтних і допоміжних служб ЗФ	Ремонтний відділ; Допоміжні цехи; Диспетчерський пункт; Відділ технічного постачання ЗФ	Робітники та ІТП
Технічні та технологічні	Оптимізація технічних засобів і технології відповідно до обраного режиму роботи	Ремонтний відділ; Відділ технічного постачання; ДФ; ГТК, ЗФ	Робітники та ІТП
Економічні	Стимулювання персоналу згідно до триступеневої системи матеріального заохочення	Ремонтний відділ; Допоміжні цехи; Диспетчерський пункт; Відділ технічного постачання; ГТК; ДФ, ЗФ	ІТП
	Стимулювання ІТП диспетчерської служби згідно до двоступеневої програми матеріального заохочення	Диспетчерський пункт	ІТП

Розглянемо необхідні управлінські рішення для організації різних режимів роботи збагачувальної фабрики, таких як типовий режим роботи в умовах багатозональних тарифів на електроенергію, режим роботи на максимізацію виробництва та режими роботи згідно багатозональних тарифів на електроенергію.

За для реалізації даного режиму запропоновано ввести накопичувальну трьох стадійну доплату за дотримання режиму роботи підприємства для інженерно-технічного персоналу, виходячи із розміру середньої заробітної плані по підприємству (12000 грн.). Таким чином при додержанні оптимального режиму роботи підприємства кожні три місяці буде проводитись контроль на ефективність роботи відповідних відділів – диспетчерського відділу, ремонтного відділу, відділу технічного постачання, роботи допоміжних цехів та організації праці на кар'єрі та дробарній фабриці. Таким чином по результатах першого періоду буде виноситись рішення про підвищення зарплатні робітникам інженерно-технічного персоналу у розмірі 5% від середньої зарплатні по підприємству. Надалі при збереженні потрібного рівня ефективності, за результатами другого і третього періоду також буде виноситись рішення про збільшення зарплатні на 5% за кожний період, тобто максимальна доплата становить 15% від середньої зарплатні по підприємству. При недотриманні режиму роботи дана доплата знімається повністю, а також приймаються запобіжні міри, що на даний момент прийняті на підприємстві – неаттестація і перехід на базову ставку, а також в залежності від ступеню негативних наслідків – до відповідальності передбачуваної КЗпП.

Режим роботи за критерієм мінімуму собівартості залежить від того, який багатозональний тариф на електроенергію буде обрано. При обох режимах роботи – згідно двозонного і тризонного тарифу на електроенергію, зменшення об'ємів виробництва порівняно з типовим режимом роботи складає приблизно 10%. Але кожен з цих режимів роботи має свої особливості.

Особливістю режиму роботи підприємства згідно двозонного тарифу на електроенергію є оптимізація не тільки режиму подачі сировини на фабрику, а також зміна режиму роботи обладнання на підприємстві. Таким чином задачею управління в даному разі є не тільки забезпечення максимально точного дотримання оптимального інтервалу подачі сировини, а також організація ефективного механізму реагування на зміни тарифного

коефіцієнту відповідним відключенням/включенням конвейерного транспорту та системи завантаження бункерів.

За для реалізації даного режиму запропоновано додатково до існуючих засобів матеріальної мотивації ввести накопичувальну трьох стадійну доплату за дотримання режиму роботи підприємства для інженерно-технічного персоналу, виходячи із розміру середньої заробітної плані по підприємству (12000 грн.). Таким чином при додержанні оптимального режиму роботи підприємства кожні три місяці буде проводитись контроль на ефективність роботи відповідних відділів – диспетчерського відділу, ремонтного відділу, відділу технічного постачання, роботи допоміжних цехів та організації праці на кар'єрі та дробарній і збагачувальній фабриках. Таким чином по результатах першого періоду буде виноситись рішення про підвищення зарплатні робітникам інженерно-технічного персоналу у розмірі 5% від середньої зарплатні по підприємству. Надалі при збереженні потрібного рівня ефективності, за результатами другого і третього періоду також буде виноситись рішення про збільшення зарплатні на 5% за кожний період, тобто максимальна доплата становить 15% від середньої зарплатні по підприємству. При недотриманні режиму роботи дана доплата знімається повністю, а також приймаються запобіжні міри, що на даний момент прийняті на підприємстві – неаттестація і перехід на базову ставку, а також в залежності від ступеню негативних наслідків – до відповідальності передбачуваної КЗпП.

Режим роботи за критерієм мінімуму собівартості залежить від того, який багатозональний тариф на електроенергію буде обрано. При обох режимах роботи – згідно двозонного і тризонного тарифу на електроенергію, зменшення об'ємів виробництва порівняно з типовим режимом роботи складає приблизно 20%. Але кожен з цих режимів роботи має свої особливості.

Особливістю режиму роботи підприємства згідно двозонного тарифу на електроенергію є оптимізація не тільки режиму подачі сировини на фабрику, а також зміна режиму роботи обладнання на підприємстві. Таким чином задачею управління в даному разі є не тільки забезпечення максимально

точного дотримання оптимального інтервалу подачі сировини, організація ефективного механізму реагування на зміни тарифного коефіцієнту відповідним відключенням/включенням виробничих потужностей та реалізації відповідних планів-графіків поставок сировини на підприємство а також планування взаємодії з кар'єрним обладнанням з метою організації безперервної моделі руди на збагачувальну фабрику.

За для реалізації даного режиму запропоновано додатково до існуючих засобів матеріальної мотивації ввести накопичувальну трьох стадійну доплату за дотримання режиму роботи підприємства для інженерно-технічного персоналу, виходячи із розміру середньої заробітної платні по підприємству. Таким чином при додержанні оптимального режиму роботи підприємства кожні три місяці буде проводитись контроль на ефективність роботи відповідних відділів – ремонтного відділу, відділу технічного постачання, роботи допоміжних цехів та організації праці на кар'єрі, дробарній та збагачувальній фабриках. Таким чином по результатах першого періоду буде виноситись рішення про підвищення зарплатні робітникам інженерно-технічного персоналу у розмірі 5% від середньої зарплатні по підприємству. Надалі при збереженні потрібного рівня ефективності, за результатами другого і третього періоду також буде виноситись рішення про збільшення зарплатні на 5% за кожний період, тобто максимальна доплата становить 15% від середньої зарплатні по підприємству. Окремо слід виділити диспетчерський відділ, на який накладається зобов'язання розрахунку не тільки оптимального руху кар'єрного транспорту, а й розподіл його згідно до тарифних зон на доставку руди відповідного класу. Таким чином запропоновано ввести для диспетчерського відділу надбавку до заробітної платні двоступеневу, розміром 10% за ступінь, тобто максимально 20% від середньої заробітної платні по підприємству. Рішення про нарахування даної доплати приймається також кожні три місяці. Розмір диспетчерської служби приймаємо за 10% від всієї кількості інженерно-технічного персоналу – тобто у кількості 20 чоловік. При недотриманні режиму роботи дана доплата

знімається повністю, а також приймаються запобіжні міри, що на даний момент прийняті на підприємстві – неаттестація і перехід на базову ставку, а також в залежності від ступеню негативних наслідків – до відповідальності передбачуваної КЗпП.

За для реалізації даного режиму запропоновано додатково до існуючих засобів матеріальної мотивації ввести накопичувальну трьох стадійну доплату за дотримання режиму роботи підприємства для інженерно-технічного персоналу, виходячи із розміру середньої заробітної плані по підприємству (12000 грн.). Таким чином при додержанні оптимального режиму роботи підприємства кожні три місяці буде проводитись контроль на ефективність роботи відповідних відділів – ремонтного відділу, відділу технічного постачання, роботи допоміжних цехів та організації праці на кар'єрі та збагачувальних фабриках. Таким чином по результатах першого періоду буде виноситись рішення про підвищення зарплатні робітникам інженерно-технічного персоналу у розмірі 5% від середньої зарплатні по підприємству. Надалі при збереженні потрібного рівня ефективності, за результатами другого і третього періоду також буде виноситись рішення про збільшення зарплатні на 5% за кожний період, тобто максимальна доплата становить 15% від середньої зарплатні по підприємству. Окремо слід виділити диспетчерський відділ, на який накладається зобов'язання розрахунку не тільки оптимального руху кар'єрного транспорту, а й розподіл його згідно до тарифних зон на доставку руди відповідного класу. Таким чином запропоновано ввести для диспетчерського відділу надбавку до заробітної платні двоступеневу, розміром 10% за ступінь, тобто максимально 20% від середньої заробітної плані по підприємству. Рішення про нарахування даної доплати приймається також кожні три місяці. Розмір диспетчерської служби приймаємо за 10% від всієї кількості інженерно-технічного персоналу – тобто у кількості 20 чоловік. При недотриманні режиму роботи дана доплата знімається повністю, а також приймаються запобіжні міри, що на даний момент прийняті на підприємстві – неаттестація і перехід на базову ставку, а

також в залежності від ступеню негативних наслідків – до відповідальності передбачуваної КЗпП.

4 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ ПРИ ФОРМУВАННІ СОБІВАРТОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ»

Основні принципи створення інформаційної системи

Розроблена інформаційна система дозволяє швидко обробляти вихідні дані і одержувати корисну для управління витратами електроенергії інформацію, дає можливість знайти краще економічно обґрунтоване рішення. Оптимальним засобом розробки інформаційних систем на базі ПК є Microsoft Excel, який поєднує в собі переваги як табличного процесора, так і засобів візуального програмування – вбудованої мови Visual Basic for Applications (VBA).

Excel може бути використаний для будь-якої інформаційної системи, що містить аналіз даних, позаяк включає набір об'єктів обробки даних.

Ефективність створеної інформаційної системи полягає в наступному:

- 1) Оптимізується робота оператора збагачувальної фабрики;
- 2) Значно спрощується робота з програмою побудови і розрахунку економіко-математичних моделей;
- 3) Автоматизується економічний аналіз, який дозволяє оцінити результативність рекомендацій згідно моделей запропонованих в дипломній роботі;
- 4) спрощується сприйняття матеріалу інформаційної системи, оскільки кожен етап розрахунку або побудови розташовано на окремому листі;
- 5) програма проста і приємна для сприйняття матеріалу;
- 6) програма відповідає сучасним вимогам до подібних матеріалів.

Структура інформаційної системи.

Для реалізації задач поставлених в даній роботі була розроблена інформаційна система на базі робочої книги Excel з використанням принципів і інструментів призначених для розробки інтерфейсів.

Створена інформаційна система має наступну структуру:

1. Головна сторінка;
2. Інформація про розробника інформаційної системи;
3. Меню навігації для інформаційної системи;
4. Листи чотирьох моделей оптимізації;
5. Схема функціонування інформаційної системи.

Головна сторінка інформаційної системи містить назву інформаційної системи, фото збагачувальної фабрики і кнопку Start для початку роботи з системою.

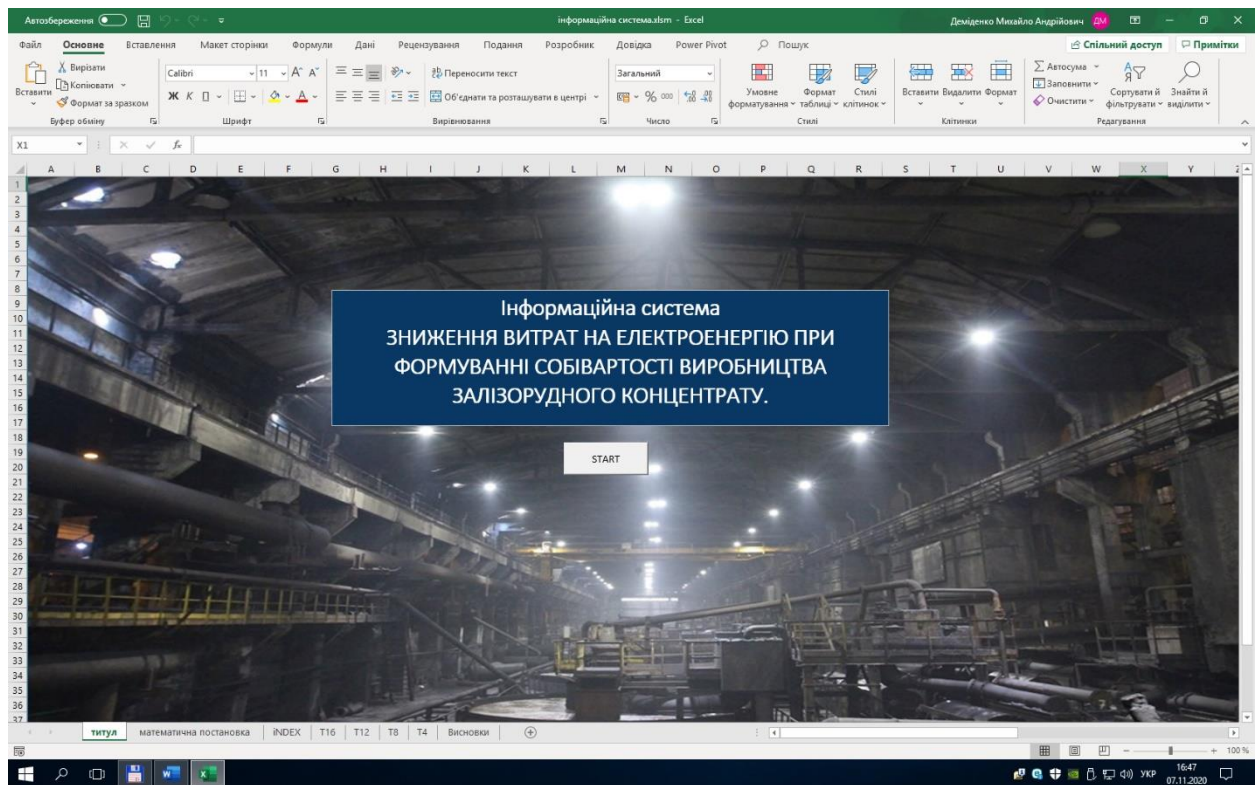


Рис. 4.1. Стартова сторінка

Сторінка *Інформація* містить інформацію про розробника системи, тему дипломної роботи українською та англійською мовами.

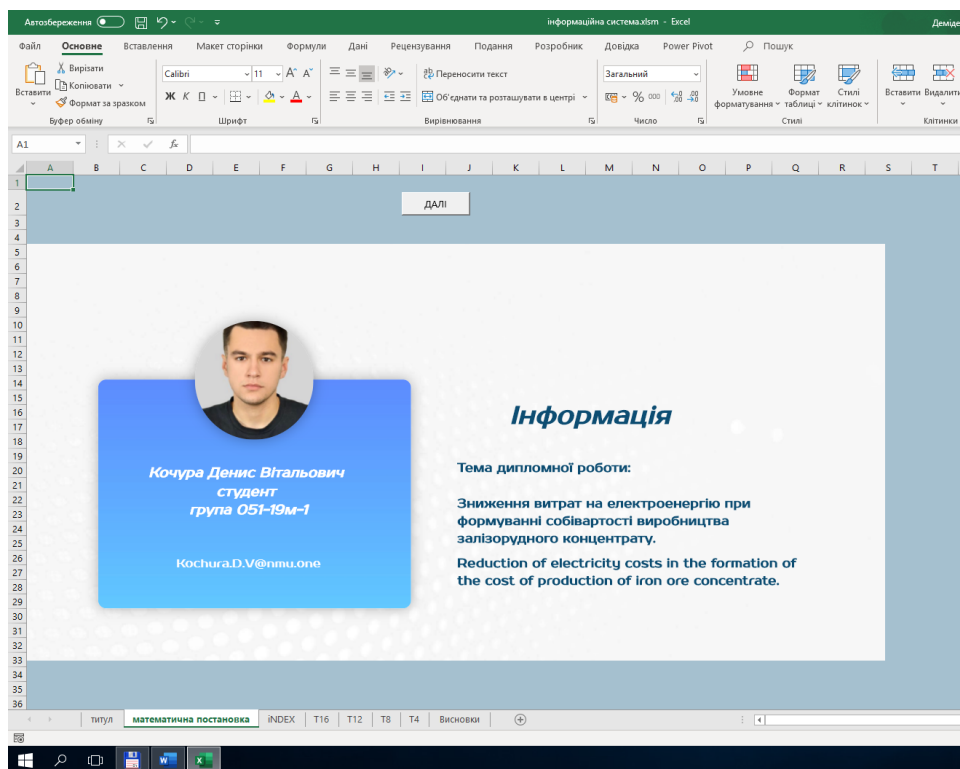


Рис. 4.2. Інформація про автора

Меню навігації призначене для переходу за допомогою кнопкового інтерфейсу між аркушами інформаційної моделі. Це меню містить кнопки переходу на чотири моделі оптимізації завантаження бункерів збагачувальної фабрики, кнопку переходу до схеми функціонування інформаційної системи, кнопку переходу до головної сторінки (рис. 4.3).



Рис.4.3. Меню навігації по інформаційній системі

В інформаційній системі виконується моделювання для чотирьох інтервалів роботи збагачувальної фабрики:

- дві зміни -16 годин;
- робота протягом 12 годин;
- одна зміна 8 годин;
- робота протягом 4 годин.

Для кожного інтервалу роботи фабрики виконано моделювання тривалості τ завантаження бункерів фабрики які дорівнюють 4,3,2,1 години.

На рис 4.4. показана модель для $\tau=16$, дві зміни роботи фабрики.

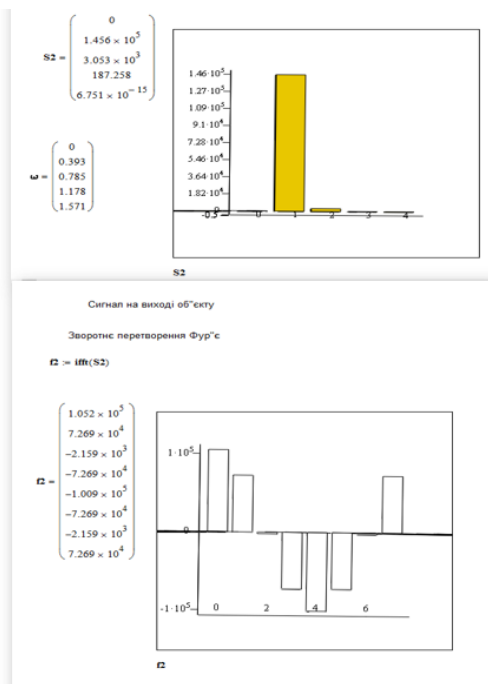
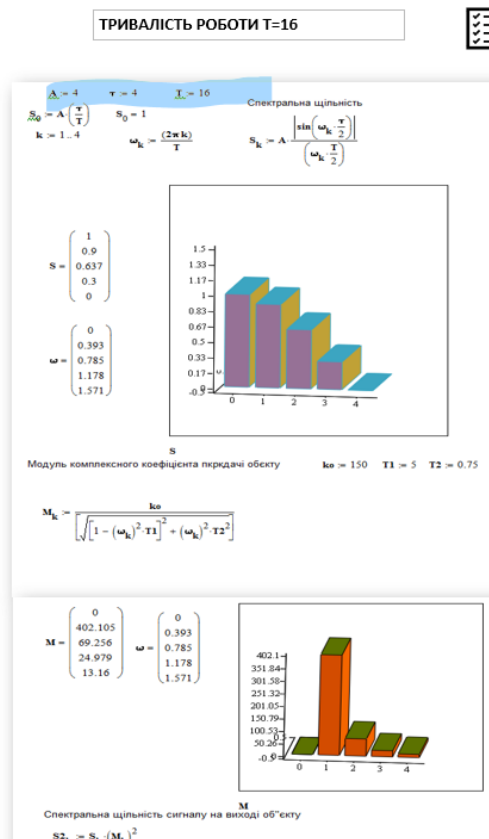


Рис.4.4. Модель для тривалості роботи в дві зміни

На рис. 4.5 , показана модель для інтервалу роботи фабрики 12 годин.

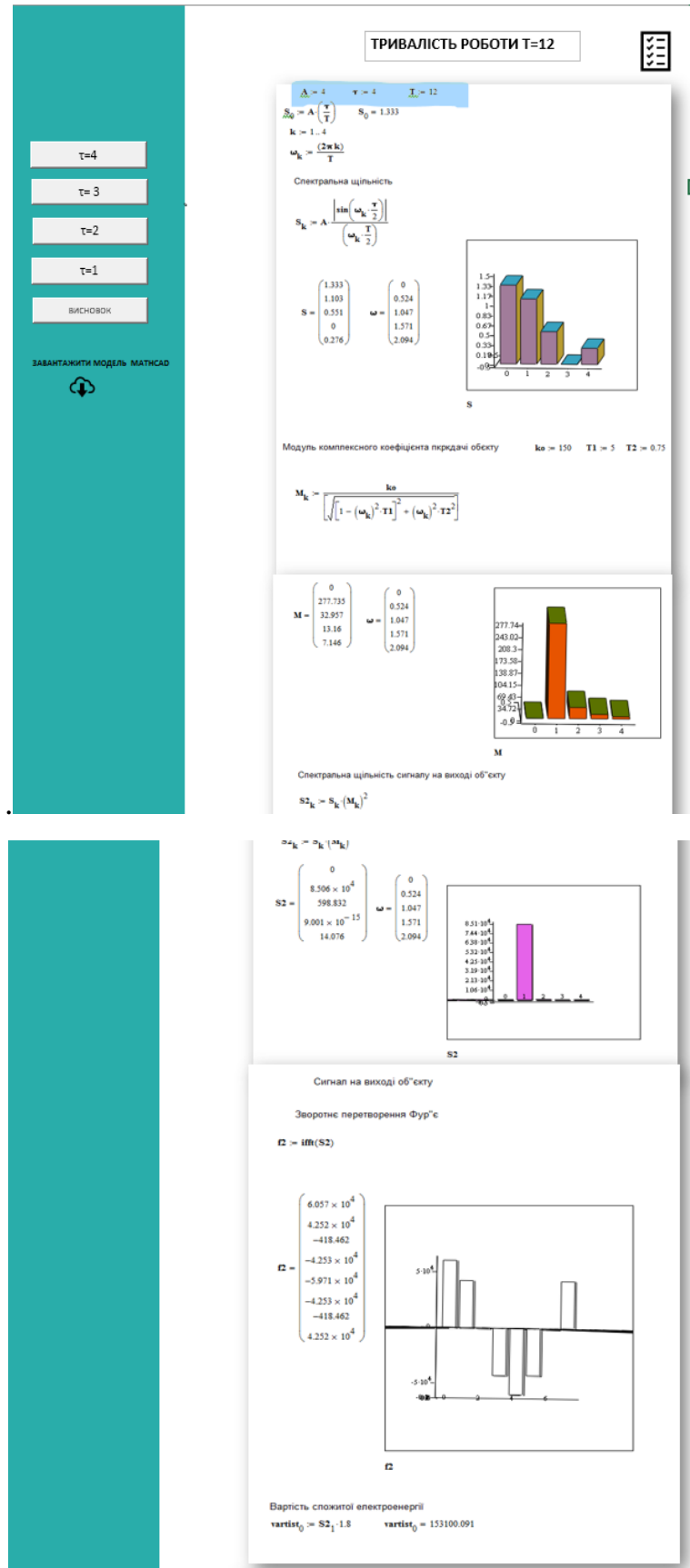


Рис. 4.5. Модель для тривалості роботи 12 годин.

На мал. 4.6 , показана модель для інтервалу роботи фабрики 8 годин-1 зміна

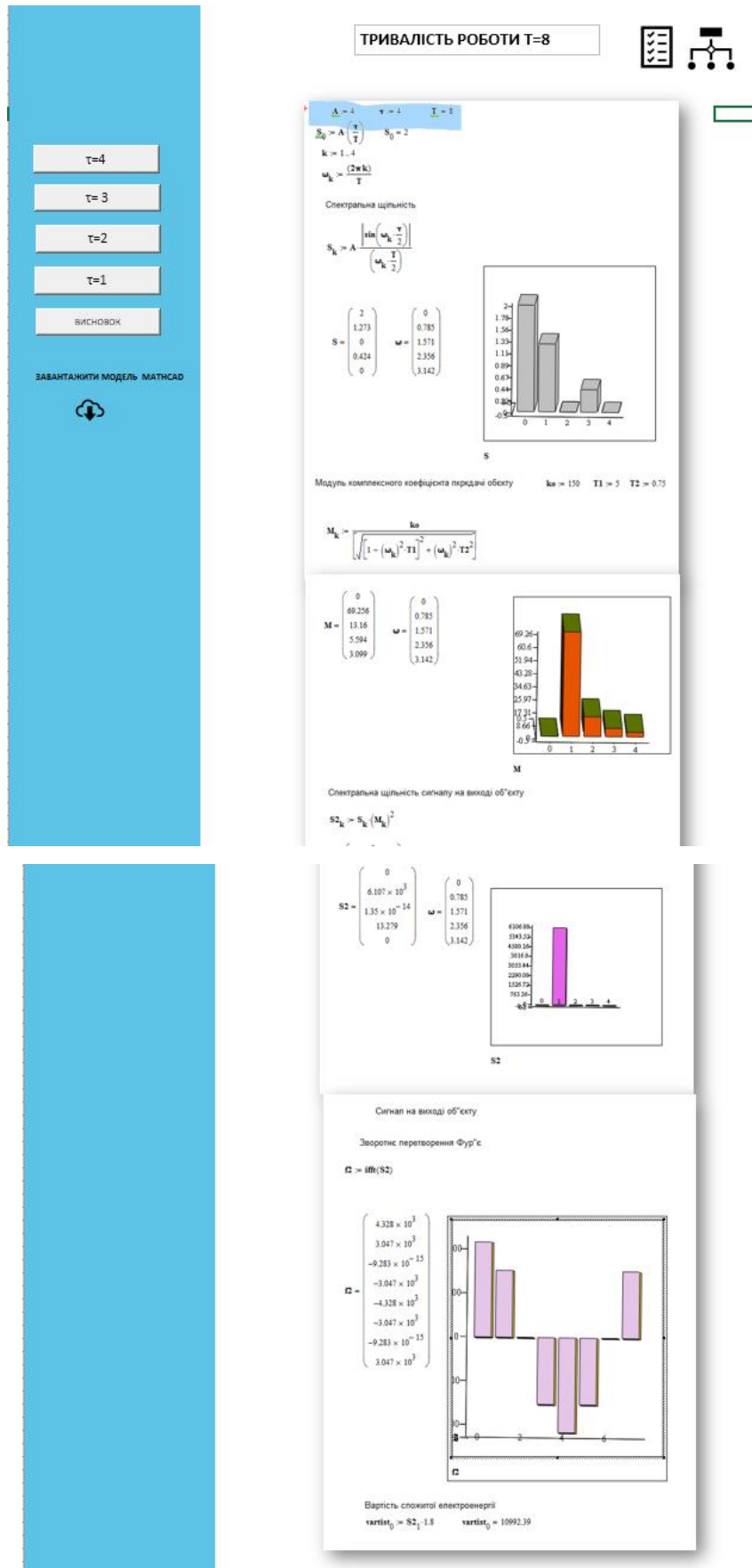
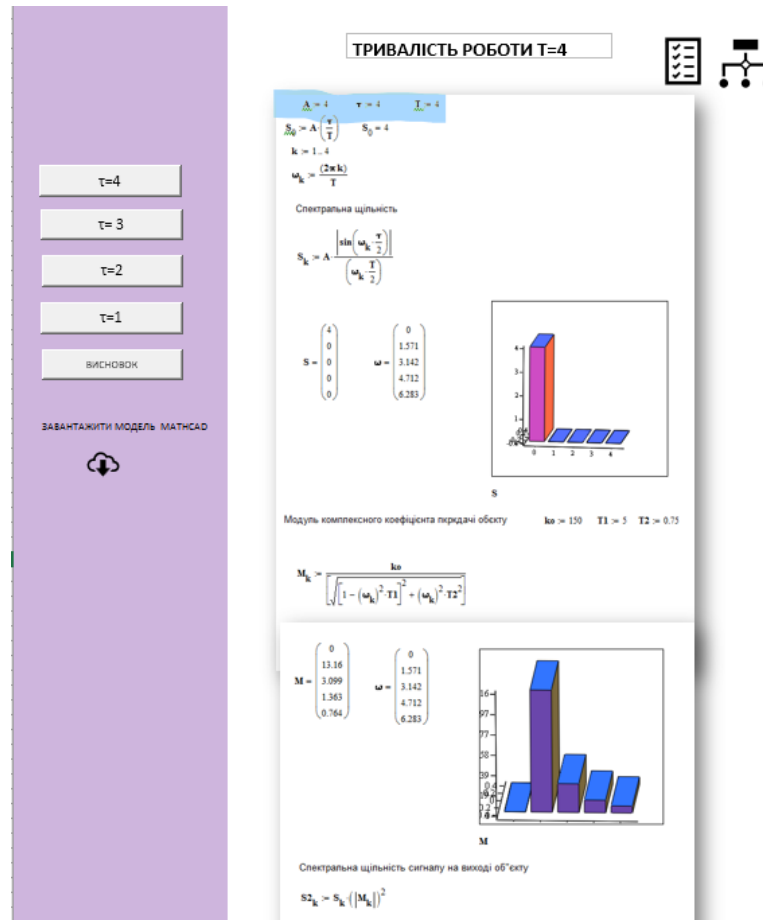


Рис. 4.6. Модель для тривалості роботи в одну зміну.

На рис. 4.7, показана модель для інтервалу роботи фабрики 4 години.



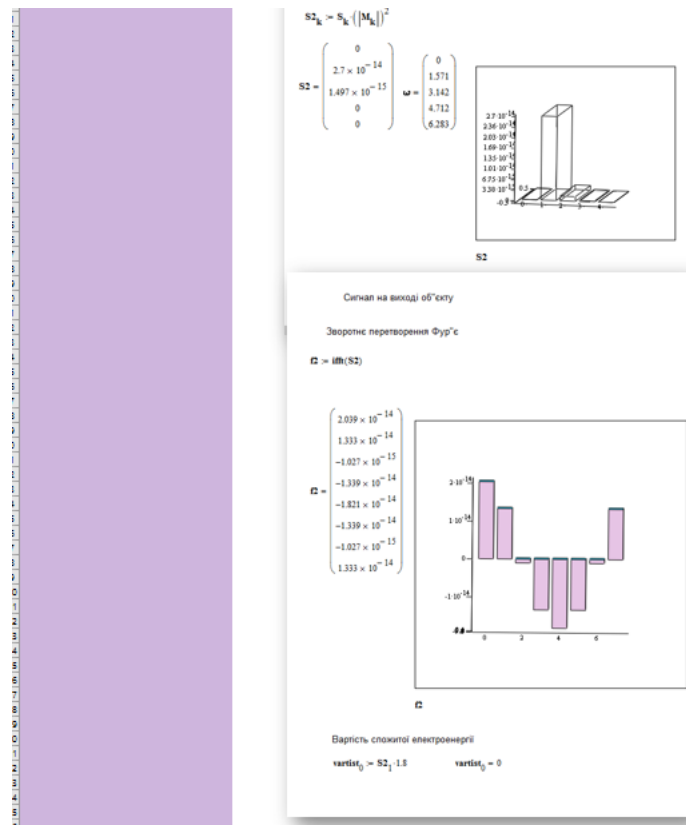


Рис. 4.7. Модель для тривалості роботи 4 години.

На рис. 4.8. представлено схему функціонування інформаційної системи

Висновки

1. Розроблена інформаційна система дозволяє знайти раціональну стратегію управління процесом завантаження бункерів збагачувальної фабрики за економічним критерієм вартості електричної енергії
2. Інформаційна модель реалізує запропоновані в дипломній роботі економіко-математичні моделі.
3. Система побудована з використанням Microsoft Office 365 і дозволяє розв'язувати задачі оптимізації з реальними даними.



СХЕМА ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

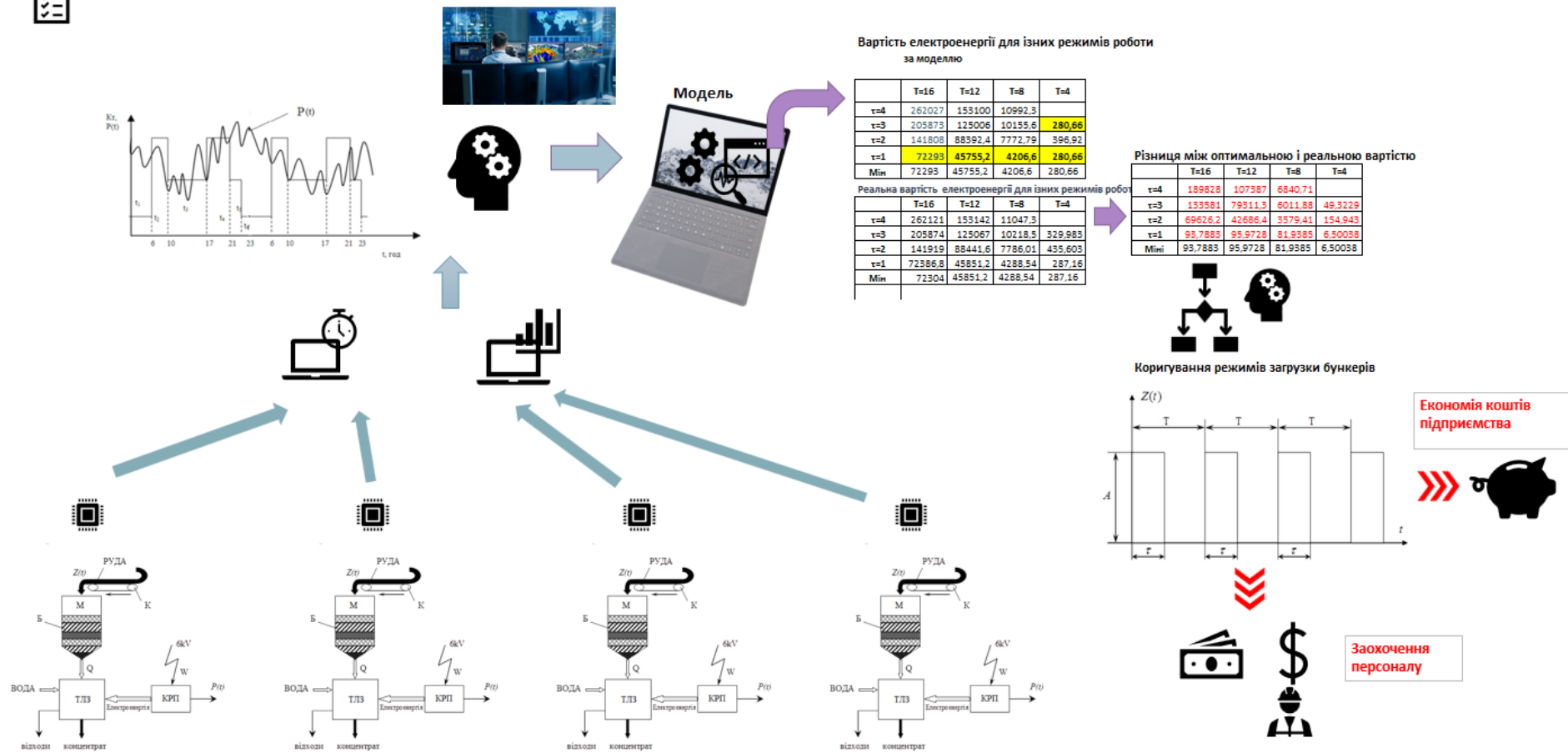


Рис. 4.8. Схема функціонування інформаційної системи.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1, Бубнова Г. А. Оптимизация качества руды на горно-обогатительных комбинатах / Бубнова Г. А., Соков А. Л., Чернегов Ю. А. – М.: Недра, 1978. – 128 с.
2. Бенуни А.Х. Анализ производственной и хозяйственной деятельности горнообогатительных предприятий / Бенуни А.Х., Протасов В.Ф. – М.: «Недра», 1976. – 168 с.
- 3, Варава Л.Н. Стратегическое управление горнодобывающими предприятиями: [Моногр.] / Варава Л.Н. - Донецк : НАН Украины. Ин-т экономики пром-сти, 2006. - 355 с.
4. Жовна О.М. Оцінка економічних результатів діяльності гірничозбагачувальних комбінатів з урахуванням економії витрат: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами»/ Жовна Олена Михайлівна; Криворізький технічний університет. – Кривий Ріг, 2010 . – 16 с.
5. Захарова Т.И. Мотивация трудовой деятельности : Учебнометодический комплекс/ Т.И. Захарова, С.В. Гаврилова – М.: Изд. цент ЕАОИ, 2008. – 216 с.
6. Іващук О.Т. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / За ред. О. Т. Іващука. – Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. – 704 с.
7. Кибанов А.Я. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности/ Кибанов А.Я., Баткаева И.А., Митрофанова Е.А., Ловчева М.В. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 524 с.
8. Клименко О.О. Удосконалення управління діяльністю гірничозбагачувальних комбінатів на основі реорганізації сервісних підрозділів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами»/ Клименко Оксана

Олександрівна; Національна гірничий університет. – Днепропетровск, 2009 . – 21 с.

9. Кочура Є.В. Развитие научных основ автоматизации процес сов обогащения руд с целью энергосбережения: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. тех. наук: спец. 05.13.07 «Автоматизация технологических процессов и производств»/ Кочура Евгений Витальевич; Гос. Горная академия Украины. – Днепропетровск, 1996 . – 42 с.

10. Кривошеєва А.О. Управління втратами залізорудної сировини як чинник підвищення економічної ефективності гірничо-збагачувального виробництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка підприємництва і організація виробництва»/ Кривошеєва Анастасія Олександрівна; Національний гірничий університет. – Днепропетровск, 2002 . – 14 с.

11. Курашов С.В. Удосконалення організації технологічних процесів як фактора поліпшення економічних показників гірничо-збагачувального виробництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 08.06.01 «Економіка підприємництва і організація виробництва»/ Курашов Сергій Володимирович; Національна гірнича академія України. – Днепропетровск, 1999 . – 22 с.

12. Дремин А.А. Стратегия энергосбережения при добыче и переработке железных руд/ А.А.Дремин// Горный журнал – 2006. - №12. – с.45-47.

13. Дронов М.М. Опыт работы карьера Лебединского ГОКа: гигантские масштабы, оригинальные технологии, перспективы развития/ Дронов М.М., Ефремов Ю.І., Беклемищев А.М.// Горный журнал - 2009 - №11 - С. 88-91.

14. Жернаков Ю.И. Ритмичность производства на горном предприятии/ Жернаков Ю.И., Парфенов Г.В., Казакова В.Л., Маджула Л.Ф. – М.:«Недра», 1974. – 72 с.

15. Ляшенко В.Г. Справочник по оборудованию предприятий нерудных материалов/ Ляшенко В.Г. – К.: Будівельник, 1975. – 128 с.

16. Малюк В.И. Производственный менеджмент : учебное пособие/ В.И. Малюк, А.М. Немчин – СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
17. Орлова И.В. Экономико-математические методы и модели : учебное пособие/ И.В. Орлова, В.А. Половников – М.: Вузовский учебник, 2007. – 365 с.
18. Племяшов А.С. Управление производством на горно-обогатительном комбинате/ Племяшов А.С, Каграманян Э.А., Ходос Д.М., Штефан А.И., Гринь П.Н., Попко И.А., Нападайло В.А. – М.: «Недра», 1977. – 144 с.
19. Поршнев, А.Г. Управление организацией / А.Г. Поршнев. - М.: ИНФРА - М, 2000. - 382 с.
20. Ломоносов Г. Г. Формирование качества руды при открытой добыче / Ломоносов Г. Г. – М.: Недра, 1975. – 224 с.
21. Демиденко М. А. Economic models of optimal enterprise production output strategy / М. А. Демиденко, Д. В. Кабаченко. // Економічний вісник Національного гірничого університету. – 2020. – №1. – С. 210–216;
22. Пивень В. А. Ценовая политика и качество железорудного концентрата / В. А. Пивень // Metallurgical and mining industry. – 2003. – №3. – С. 118–121.
23. Demidenko M. Method of selection of ERP systems using multi-criterial optimization models / M.A. Demidenko. // Naukovyi Visnyk NBU. – 2018. – №5. – С. 132–137. DOI: 10/29202/nvngu/2018-5/21;
24. Селезнева, Н.Н. Финансовый анализ / Н.Н. Слезнева, А.Ф. Ионова. - М. 2004. - 367 с.
25. Сенченко, И.Т. Повышение квалификации рабочих на производстве / И.Т. Сенченко. - М.: Педагогика, 2004. - 112 с.
26. Техничко-економическая оценка управления колеблемостью качества добываемой железной руды / [В.А. Пивень, В.А. Романенко, И.Л. Гуменик, и др.] // Матеріали міжнародної конференції "Форум гірників 2006". - Д.: Національний гірничий університет, 2006. – С. 20–25.

27. Цицарова Н.М. Производственный менеджмент : учебное пособие/ сост. Н.М. Цицарова – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 158 с.
28. Цеховой А.Ф. Планирование и оперативное управление на открытых горных работах с учетом стратегии развития отраслевого комплекса/ Цеховой А.Ф., Жусупов К.К., Стаценко Л.Г.// Горный журнал – 2009. - №11. – с.42-45.
29. Чижев, Н.А. Кадровые технологии / Н.А. Чижев. - М.: Экзамен, 2000. - 351с.
30. Шарапов О. Д. Економічна кібернетика: Навч. посібник./ Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семьонов Д. Є. — К.: КНЕУ, 2004. — 231 с.
31. Шевцов, С.П. Современные формы мотивации труда / С.П. Шевцов // Теория и практика управления. - 2008. - №9. - С.65-71.
32. Шекшня, С.В. Управление персоналом современной организации / С.В. Шекшня. - М.: ЗАО Бизнес - школа "Интел - Синтез", 2000. - 463 с.
33. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: пер. с англ. под ред. Масловского Е.К./ Шеннон Р. – М.: «Мир», 1978. – 421 с.
34. Шикин Е.В. Математические методы и модели в управлении : учебное пособие – 2-е изд., испр./ Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили – М.: Дело, 2002. – 440 с.
35. Шинкоренко С.Ф. Справочник по обогащению и агломерации руд черных металлов/ Шинкоренко С.Ф., Маргулис В.С., Николаенко В.П., Харламов В.С., Дрожилов Л.А., Губин Г.В., Остапенко П.Е. – М.: «Недра», 1964. – 574 с.
36. Экономика обогащения руд черных металлов / [Осмоловский В.В., Мацеев В.Г., Ковалевич Н.Л., Бессмертный М.М.]. – М.: Недра, 1972 – 232 с.
37. Моссаковский Я. В. Экономика горной промышленности / Моссаковский Я. В. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – 525 с.
38. Прокопенко В. І. Щодо питання встановлення факторів, що визначають собівартість продукції гірничо-

збагачувальних підприємств / В. І. Прокопенко, Д. П. Пілова // Економічний Вісник НГУ. - 2004. - № 1. - С. 30–35.

39. Іщенко М. І. Економічна взаємодія підприємств гірничозбагачувального комплексу: [Монографія] / Іщенко М. І. ; [за наук. ред. проф. В.І.Прокопенка.]. – Д.: Видавничий дім «Андрій», 2007. – 288 с.

40. Экономика, организация, планирование и управление на горнообогатительном комбинате черной металлургии / [Коновалов Л. А., Бочкарев Б. Н., Жернаков Ю. И. и др.] – М.: Недра, 1986 – 214 с.

41. Яковлев В.Л. Состояние, проблемы и пути совершенствования открытых горных разработок/ Яковлев В.Л.// Горный журнал – 2009. - №11. – с.11-14.

42. Яковлева Т.Г. Построение эффективной системы оплаты труда/ Т.Г. Яковлева – СПб.: Питер, 2009. – 240 с.

43. <http://alexandr-kisele2011.narod.ru/Oper.plan.html#razdel8>

44. <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/planirovanie-deyatelnostipredpriyatiya.html>

45. Формування собівартості продукції дробарних фабрик в умовах багатозонального тарифу на електроенергію : монографія / А. А. Гаренко, Є. В. Кочура; ДВНЗ "Нац. гірн. ун-т". - Д. : НГУ, 2012. - 112 с.

46. Економіко-математичне моделювання впливу режимів рудоподачі на ефективність використання економічного потенціалу гірничо-збагачувального підприємства : монографія / І. А. Белкіна, Р. М. Лепа, Є. В. Кочура; ДВНЗ "Нац. гірн. ун-т", НАН України, Ін-т економіки пром-сті. - Д. : НГУ, 2013. - 122 с.

ЗАКЛЮЧЕННЯ. НАУКОВІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ, ЩО ЗАХИЩАЮТЬСЯ

В роботі захищаються:

Наукові положення

1. Встановлено, що витрати на електроенергію при виробництві залізорудного концентрату залежать не тільки від відомих параметрів, таких як продуктивність по руді та її якості, а також від періоду та витривалості завантаження рудою бункерів збагачувальної фабрики, що дозволяє знизити енергетичну складову собівартості залізорудного концентрату.

2. Встановлено, що за рахунок організаційного керування процесом завантаження динамічна складова електричної енергії, що споживається технологічною лінією збагачення, пропорційна періоду та часу завантаження рудою бункерів, що дозволяє за рахунок організаційного керування та матеріального стимулювання оперативним персоналом збагачувальної фабрики забезпечити раціональні режими завантаження бункерів та скоротити енергетичну складову собівартості виробництва залізорудного концентрату.

Наукові результати:

1. Розроблена економіко-математична модель формування витрат на електроенергію, яка на відміну від відомих моделей містить амплітудо-частотні характеристики технологічної лінії збагачення та блоки формування спектральної щільності активної потужності, що споживається процесом збагачення в залежності від періоду та тривалості завантаження бункерів рудою, що дозволяє визначати раціональні енергозберігаючі режими виробництва залізорудного концентрату.

2. Розроблена інформаційна система підтримки прийняття рішень по визначенню раціональних режимів завантаження рудою бункерів збагачувальної фабрики з використанням математичного програмного пакету

Mathcad, що дозволяє знизити енергетичну складову собівартості залізорудного концентрату.

Практичні результати:

1. На основі результатів моделювання процесу завантаження бункерів рудою визначені раціональні значення тривалості завантаження бункерів $\tau = 1$ та періоду завантаження $T = 4$, що дозволили розробити інструкції оператору системи завантаження рудою бункерів та заходи матеріального стимулювання результатів його роботи шляхом виплати щомісячної премії за економію електроенергії.

В результаті впровадження наукових та практичних результатів роботи економія електроенергії від впровадження раціонального режиму завантаження бункерів у порівнянні із базовим існуючим режимом складає при однозонному тарифі за місяць 372960 квт·год або 372 Мвт·год. З урахуванням нових тарифів за електроенергію 596,48 грн/Мвт економія за місяць складає 221890 грн.

Відгук

на магістерську дипломну роботу студента групи 051-19м-1
Фінансово-економічного факультету, НТУ «Дніпровська політехніка»
Кочури Дениса Віталійовича

на тему: «Зниження витрат на електроенергію при формуванні собівартості виробництва залізрудного концентрату»

Дипломна робота виконана на актуальну тему. В роботі виконано детальний аналіз економіки збагачення залізних руд, економіко-математичне моделювання формування енергетичної складової собівартості виробництва залізрудного концентрату. Зроблено важливий висновок залежності динаміки енергоспоживання від режимів завантаження рудою бункерів збагачувальної фабрики та коливань якості руди. Виконано комп'ютерне моделювання впливу різних технологічних факторів на формування динамічної складової електричної енергії, що споживається збагачувальною фабрикою, з метою її мінімізації. Знайдені раціональні режими подачі руди та завантаження бункерів збагачувальної фабрики, що мінімізують витрати електричної енергії на змінно добові коливання технологічного процесу.

Розроблено модуль комп'ютерної інформаційної системи підтримки прийняття рішень по вибору режимів завантаження бункерів рудою в умовах одно-зонального, двозонального та трьох зонального тарифів на електроенергію. Розроблені заходи по моральному та матеріальному стимулюванню роботи оперативного персоналу збагачувальної фабрики з метою зниження витрат на електроенергію.

Дипломна робота є реальною, тому що вона базується на реальних виробничих даних, а її результати будуть використані при плануванні та управлінні витратами електроенергії на збагачувальній фабриці.

Дипломна робота виконана на достатньому рівні і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор (студент) Кочура Денис Віталійович заслуговує присвоєння освітньо-кваліфікаційного рівня магістр з економіки за освітньо-професійною програмою «Економічна кібернетика».

Директор фінансовий
ПАТ «Центральний гірничо-
збагачувальний комбінат



Дахновський О.М.

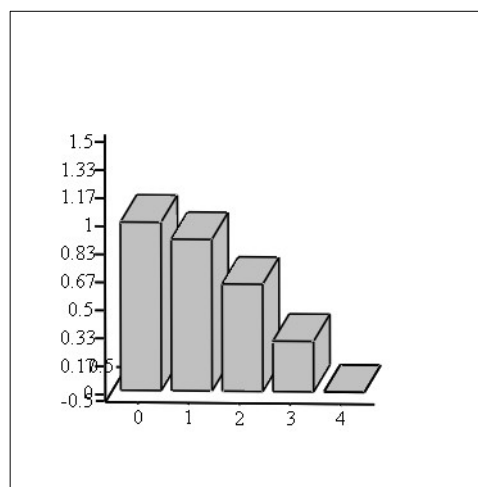
**Додаток 1. Результати моделювання з використанням
математичного пакету Mathcad**

$$\begin{aligned}
 \underline{\underline{A}} &:= 4 & \tau &:= 4 & \underline{\underline{T}} &:= 16 \\
 \underline{\underline{S}}_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 1 \\
 k &:= 1..4 \\
 \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T}
 \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.9 \\ 0.637 \\ 0.3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$



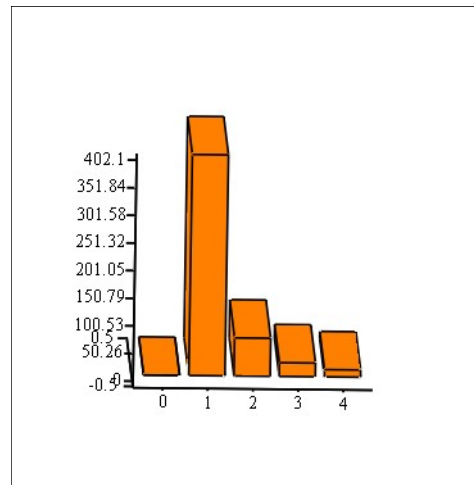
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$k_o := 150 \quad T1 := 5 \quad T2 := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_o}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 402.105 \\ 69.256 \\ 24.979 \\ 13.16 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$

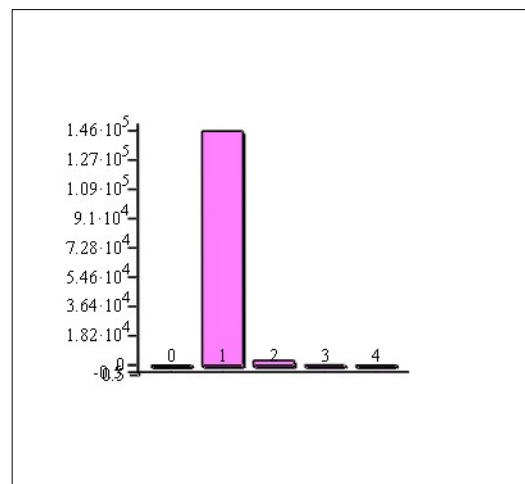


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.456 \times 10^5 \\ 3.053 \times 10^3 \\ 187.258 \\ 6.751 \times 10^{-15} \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$

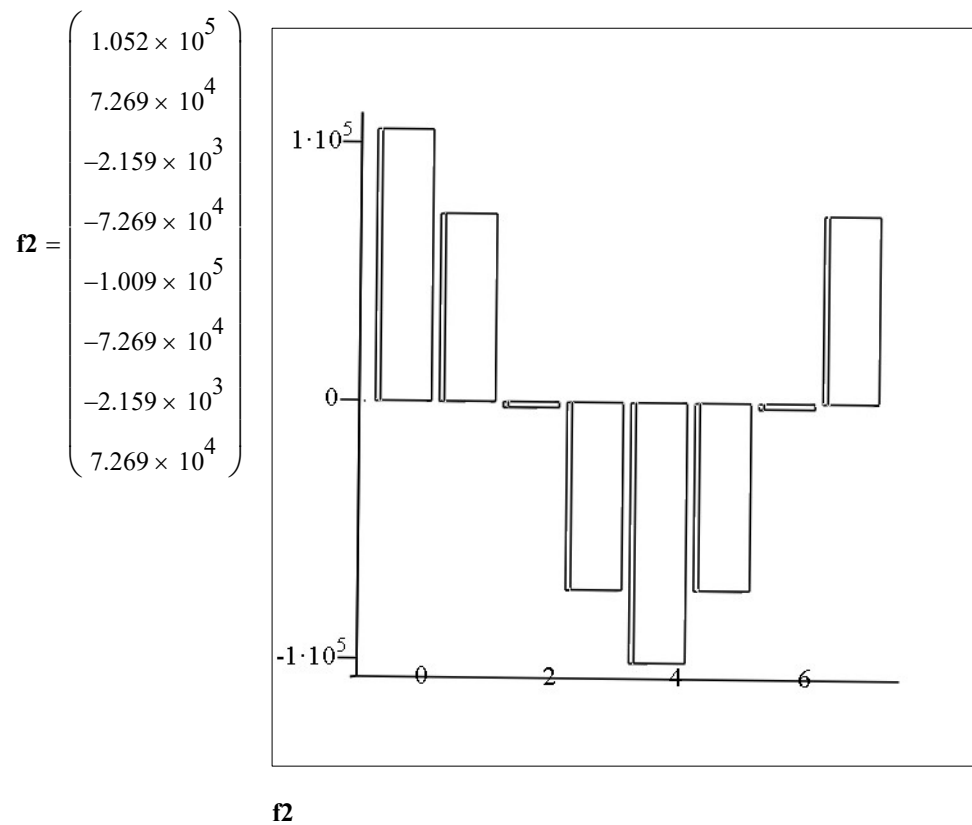


S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

f2 := **ifft**(S2)

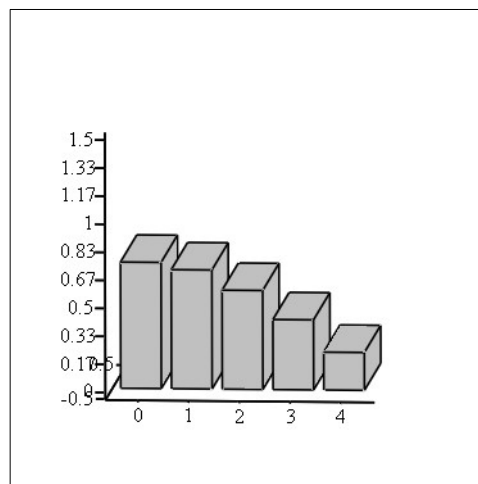


$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 3 & \underline{T} &:= 16 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 0.75 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0.75 \\ 0.707 \\ 0.588 \\ 0.416 \\ 0.225 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$



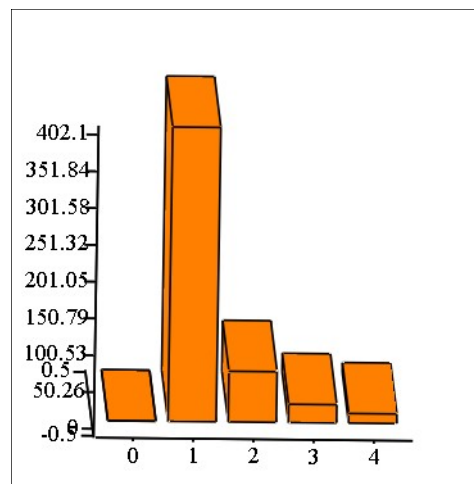
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 402.105 \\ 69.256 \\ 24.979 \\ 13.16 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$

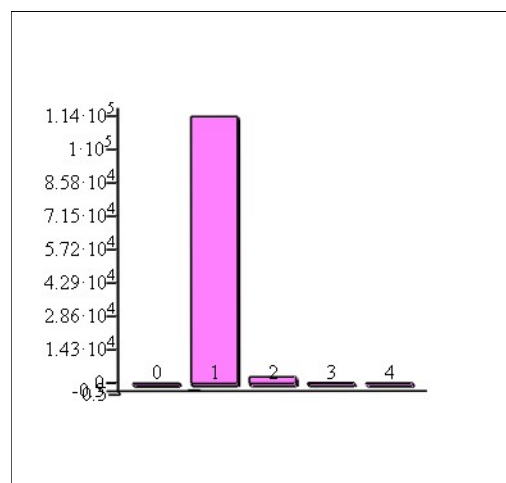


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.144 \times 10^5 \\ 2.821 \times 10^3 \\ 259.735 \\ 38.981 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$



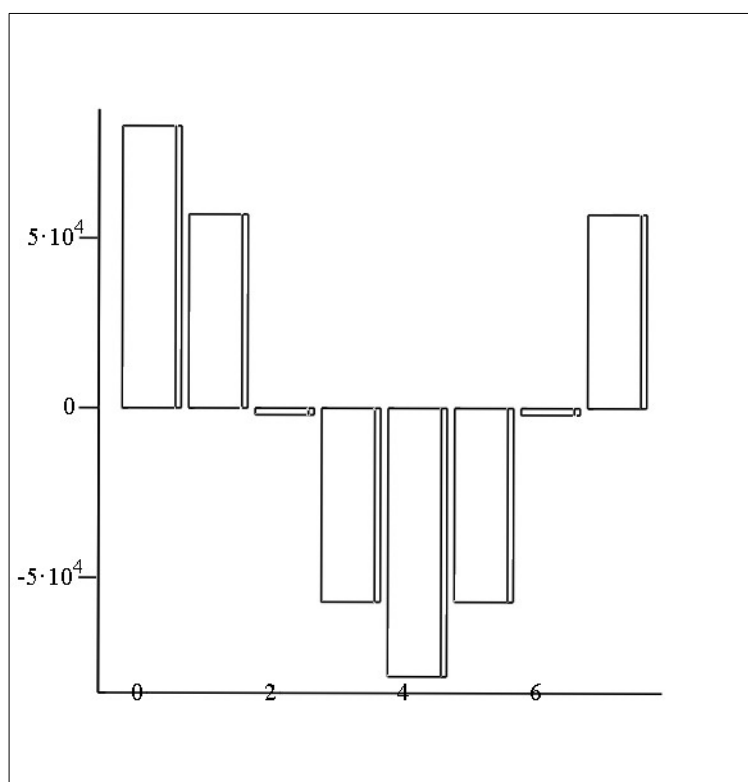
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

f2 := **ifft**(S2)

$$\mathbf{f2} = \begin{pmatrix} 8.307 \times 10^4 \\ 5.704 \times 10^4 \\ -1.981 \times 10^3 \\ -5.707 \times 10^4 \\ -7.905 \times 10^4 \\ -5.707 \times 10^4 \\ -1.981 \times 10^3 \\ 5.704 \times 10^4 \end{pmatrix}$$



f2

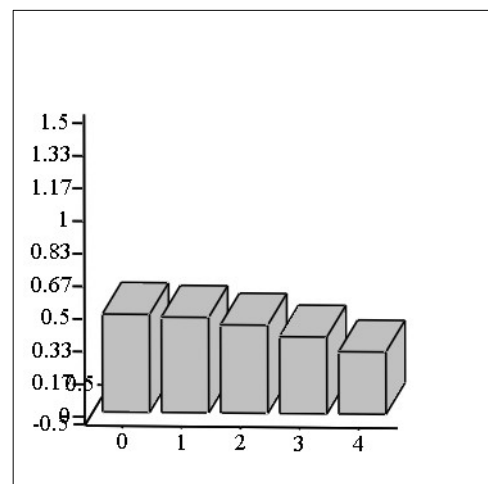
$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 2 & \underline{T} &:= 16 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 0.5 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$\omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.487 \\ 0.45 \\ 0.392 \\ 0.318 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$



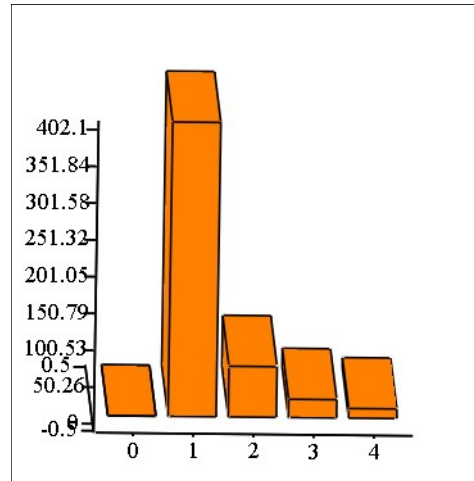
S

Модуль комплексного коефіцієнта прохідності об'єкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[\sqrt{1 - (\omega_k)^2 \cdot T1} \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

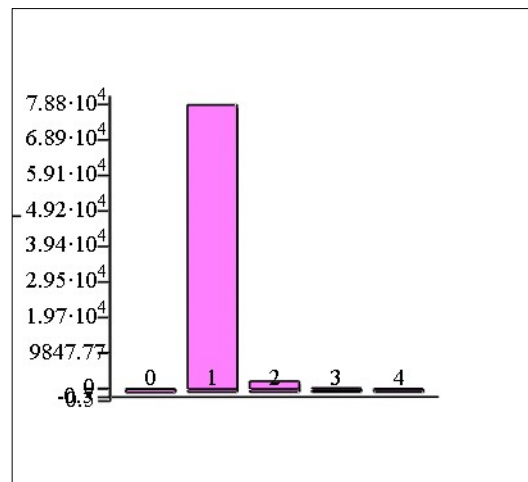
$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 402.105 \\ 69.256 \\ 24.979 \\ 13.16 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$



Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту \mathbf{M}

$$S2_k := S_k \cdot (\mathbf{M}_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 7.878 \times 10^4 \\ 2.159 \times 10^3 \\ 244.665 \\ 55.128 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$

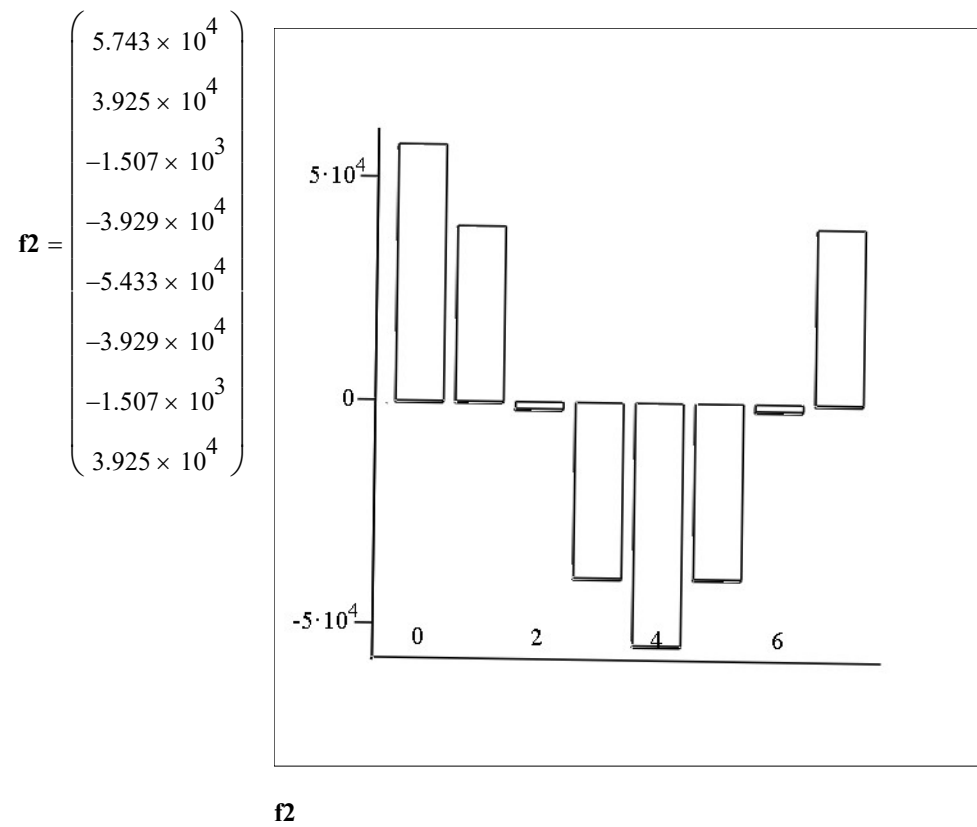


$\mathbf{S2}$

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$



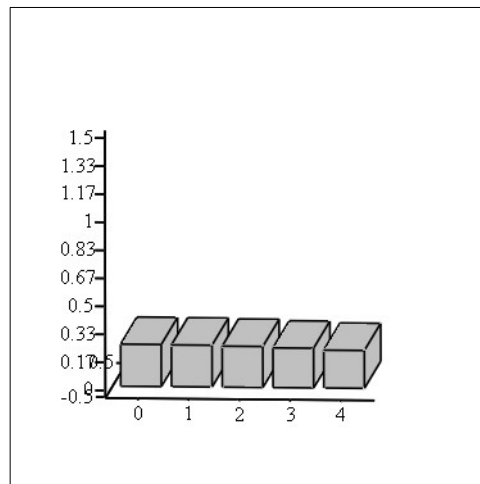
$$\begin{aligned} A &:= 4 & \tau &:= 1 & T &:= 16 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 0.25 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$\omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0.25 \\ 0.248 \\ 0.244 \\ 0.236 \\ 0.225 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$



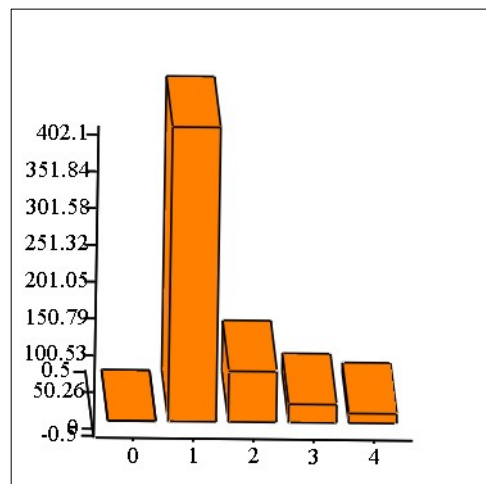
S

Модуль комплексного коефіцієнта прккдачі об'єкту

$$k_o := 150 \quad T1 := 5 \quad T2 := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_o}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 402.105 \\ 69.256 \\ 24.979 \\ 13.16 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$

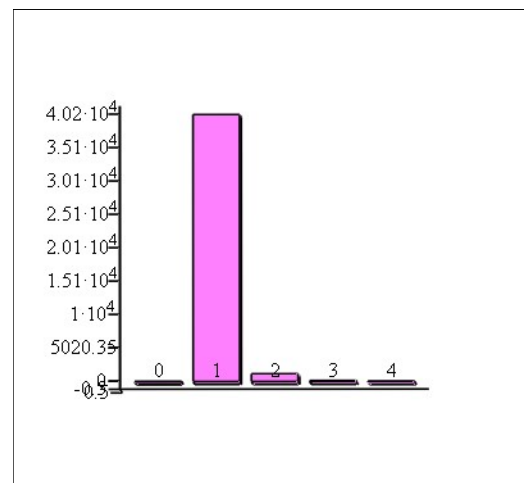


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 4.016 \times 10^4 \\ 1.169 \times 10^3 \\ 147.128 \\ 38.981 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.393 \\ 0.785 \\ 1.178 \\ 1.571 \end{pmatrix}$$



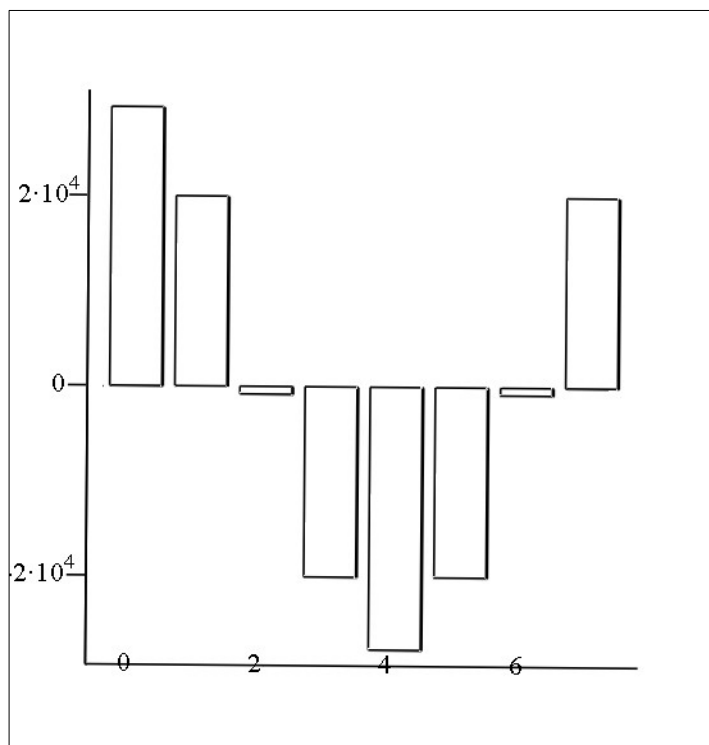
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$

$$f2 = \begin{pmatrix} 2.934 \times 10^4 \\ 1.999 \times 10^4 \\ -812.473 \\ -2.002 \times 10^4 \\ -2.766 \times 10^4 \\ -2.002 \times 10^4 \\ -812.473 \\ 1.999 \times 10^4 \end{pmatrix}$$



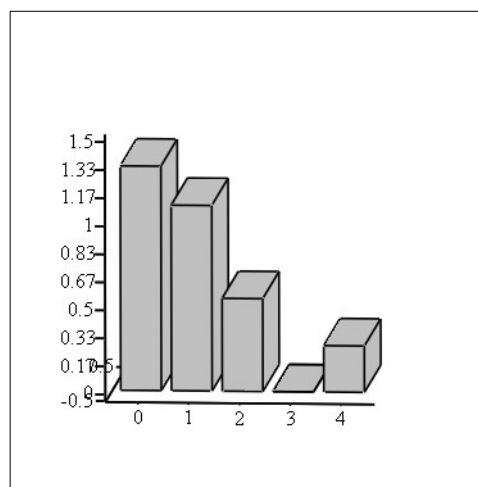
$f2$

$$\begin{aligned}
 \underline{\underline{A}} &:= 4 & \underline{\underline{\tau}} &:= 4 & \underline{\underline{T}} &:= 12 \\
 \underline{\underline{S}}_0 &:= \underline{\underline{A}} \cdot \left(\frac{\underline{\underline{\tau}}}{\underline{\underline{T}}} \right) & S_0 &= 1.333 \\
 k &:= 1..4 \\
 \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T}
 \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := \underline{\underline{A}} \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\underline{\underline{\tau}}}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{\underline{\underline{T}}}{2}\right)}$$

$$\underline{\underline{S}} = \begin{pmatrix} 1.333 \\ 1.103 \\ 0.551 \\ 0 \\ 0.276 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{\omega}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



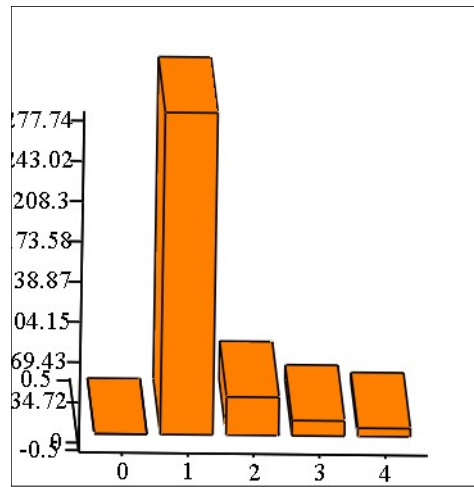
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$k_o := 150 \quad T1 := 5 \quad T2 := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_o}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 277.735 \\ 32.957 \\ 13.16 \\ 7.146 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$

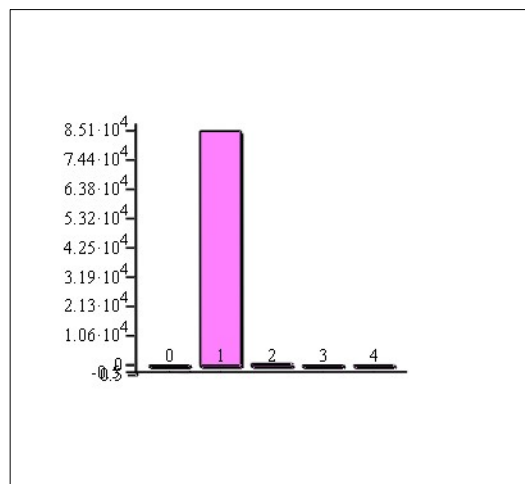


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 8.506 \times 10^4 \\ 598.832 \\ 9.001 \times 10^{-15} \\ 14.076 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



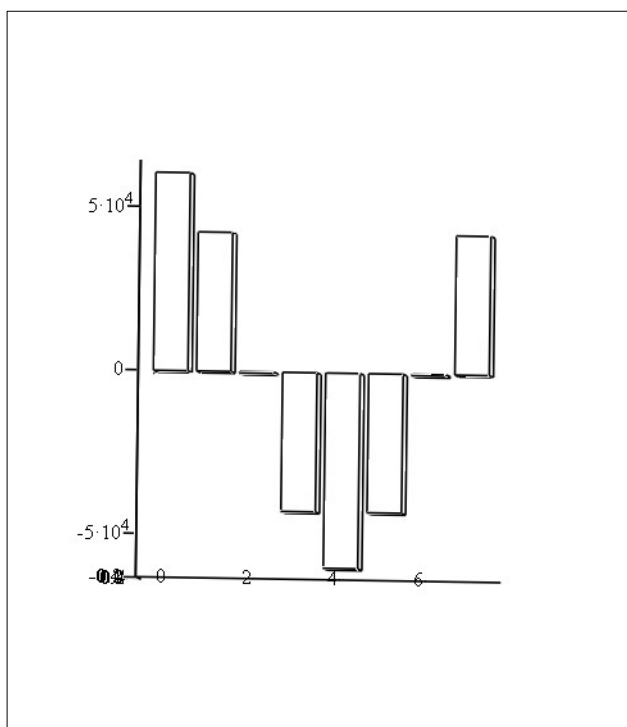
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

f2 := **ifft**(S2)

$$\mathbf{f2} = \begin{pmatrix} 6.057 \times 10^4 \\ 4.252 \times 10^4 \\ -418.462 \\ -4.253 \times 10^4 \\ -5.971 \times 10^4 \\ -4.253 \times 10^4 \\ -418.462 \\ 4.252 \times 10^4 \end{pmatrix}$$



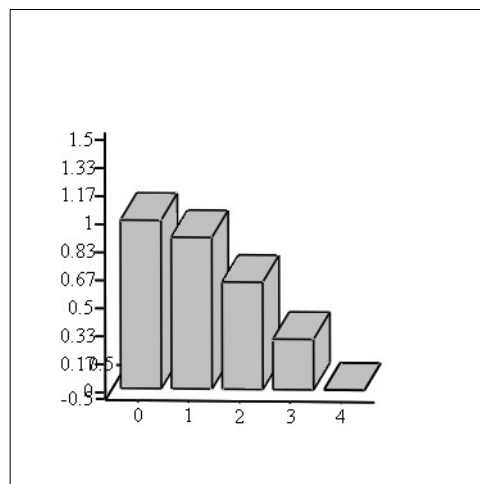
f2

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 3 & \underline{T} &:= 12 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 1 \\ k &:= 1..4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2} \right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.9 \\ 0.637 \\ 0.3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



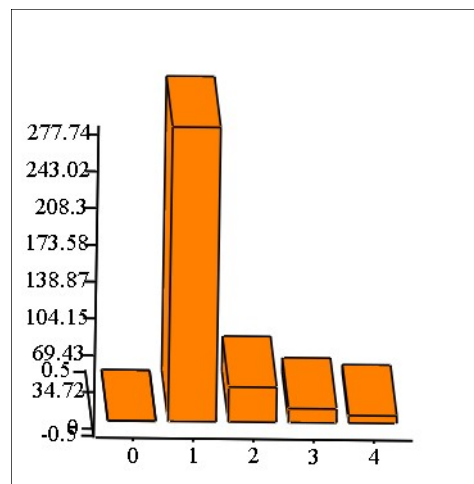
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1 \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 277.735 \\ 32.957 \\ 13.16 \\ 7.146 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$

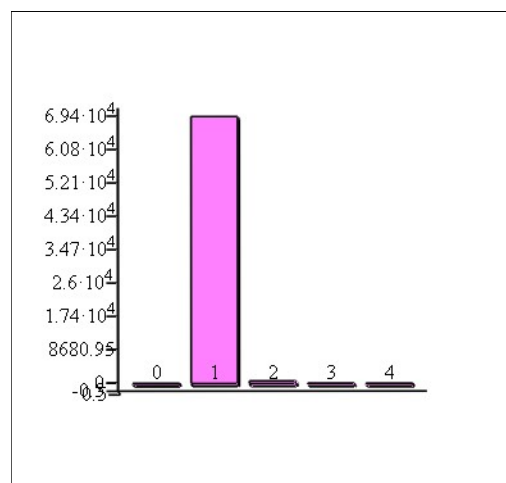


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 6.945 \times 10^4 \\ 691.472 \\ 51.975 \\ 1.99 \times 10^{-15} \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



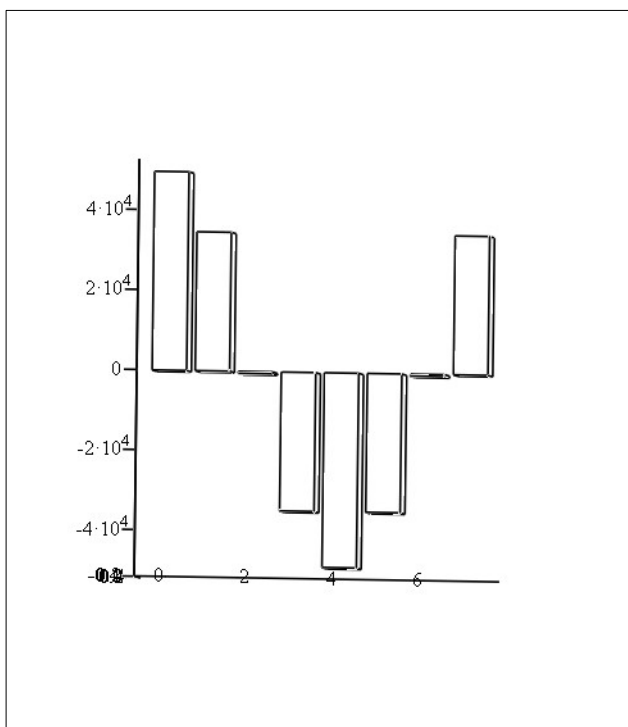
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

f2 := **ifft**(S2)

$$\mathbf{f2} = \begin{pmatrix} 4.963 \times 10^4 \\ 3.47 \times 10^4 \\ -488.944 \\ -3.47 \times 10^4 \\ -4.865 \times 10^4 \\ -3.47 \times 10^4 \\ -488.944 \\ 3.47 \times 10^4 \end{pmatrix}$$



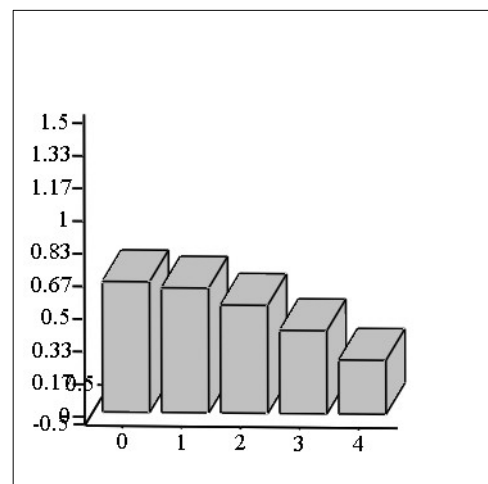
f2

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 2 & \underline{T} &:= 12 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 0.667 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2} \right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0.667 \\ 0.637 \\ 0.551 \\ 0.424 \\ 0.276 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



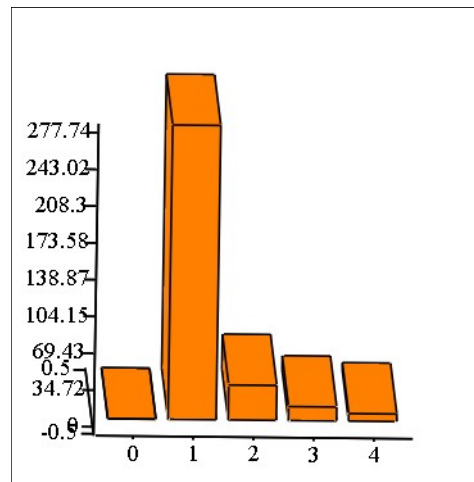
S

Модуль комплексного коефіцієнта прохідності об'єкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[\sqrt{1 - (\omega_k)^2 \cdot T1} \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

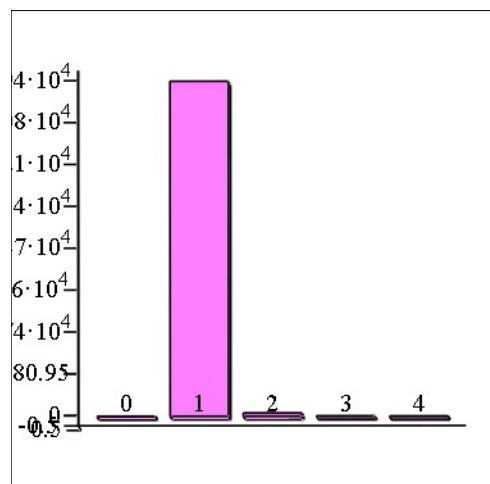
$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 277.735 \\ 32.957 \\ 13.16 \\ 7.146 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 4.911 \times 10^4 \\ 598.832 \\ 73.504 \\ 14.076 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



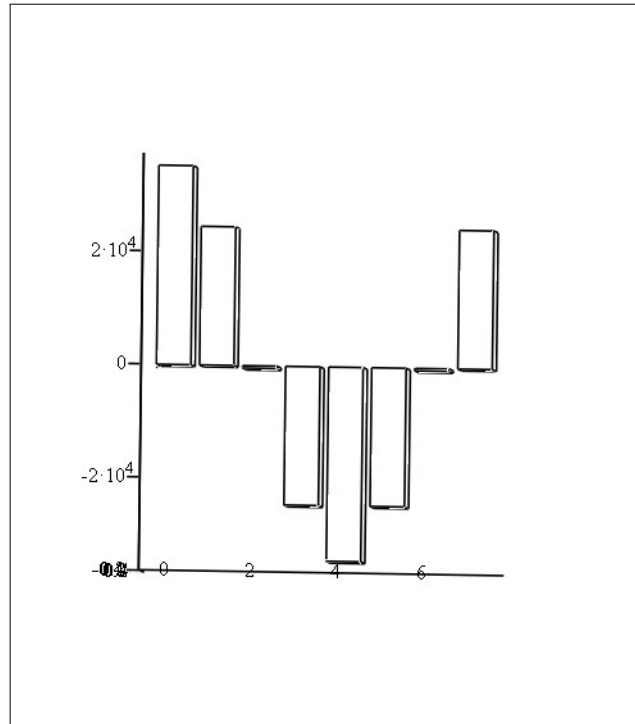
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$

$$f2 = \begin{pmatrix} 3.52 \times 10^4 \\ 2.451 \times 10^4 \\ -418.462 \\ -2.452 \times 10^4 \\ -3.435 \times 10^4 \\ -2.452 \times 10^4 \\ -418.462 \\ 2.451 \times 10^4 \end{pmatrix}$$



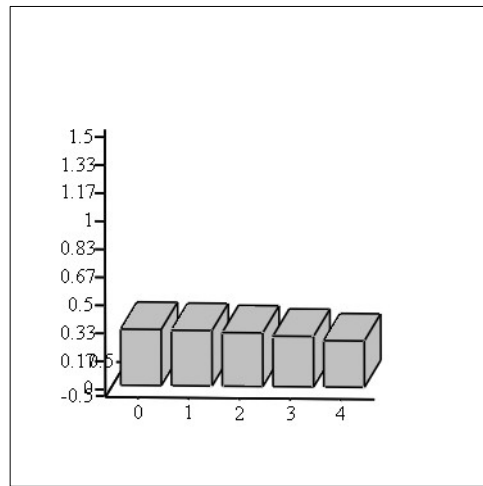
$f2$

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 1 & \underline{T} &:= 12 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 0.333 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0.333 \\ 0.33 \\ 0.318 \\ 0.3 \\ 0.276 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



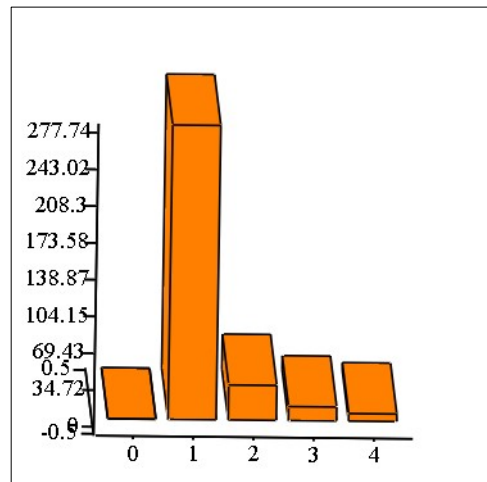
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 277.735 \\ 32.957 \\ 13.16 \\ 7.146 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$

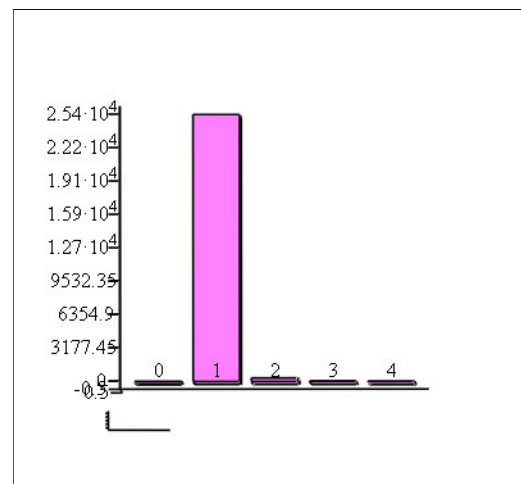


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2.542 \times 10^4 \\ 345.736 \\ 51.975 \\ 14.076 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.524 \\ 1.047 \\ 1.571 \\ 2.094 \end{pmatrix}$$



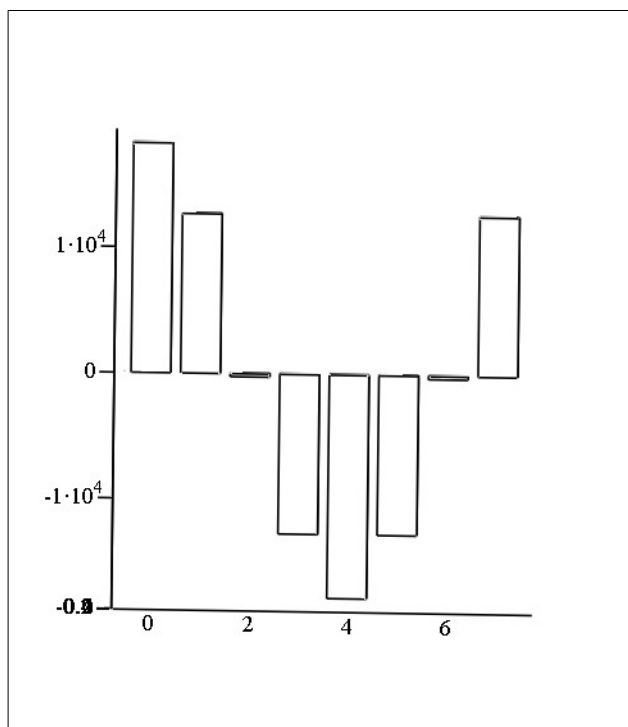
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

f2 := **ifft**(S2)

$$\mathbf{f2} = \begin{pmatrix} 1.826 \times 10^4 \\ 1.268 \times 10^4 \\ -239.495 \\ -1.269 \times 10^4 \\ -1.776 \times 10^4 \\ -1.269 \times 10^4 \\ -239.495 \\ 1.268 \times 10^4 \end{pmatrix}$$



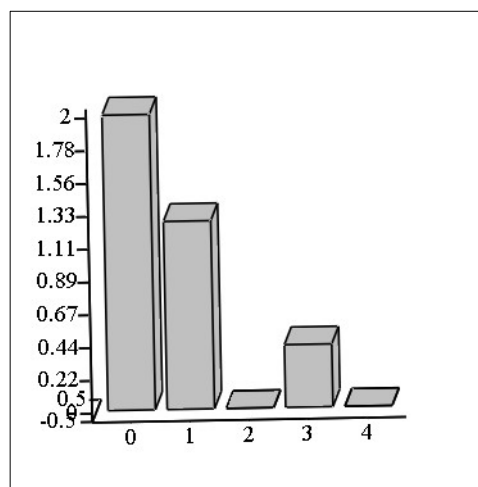
f2

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \tau &:= 4 & \underline{T} &:= 8 \\ \underline{S}_0 &:= \underline{A} \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 2 \\ k &:= 1..4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := \underline{A} \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 2 \\ 1.273 \\ 0 \\ 0.424 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



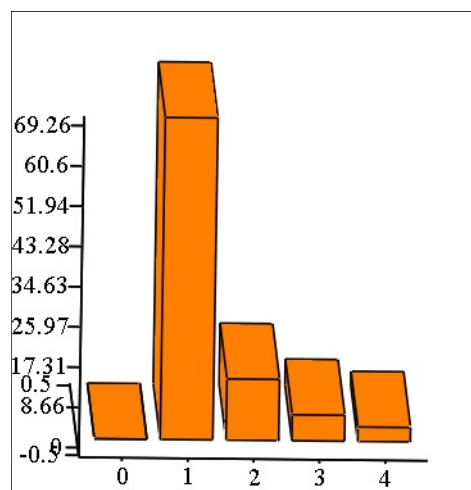
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$k_0 := 150 \quad T1 := 5 \quad T2 := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 69.256 \\ 13.16 \\ 5.594 \\ 3.099 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$

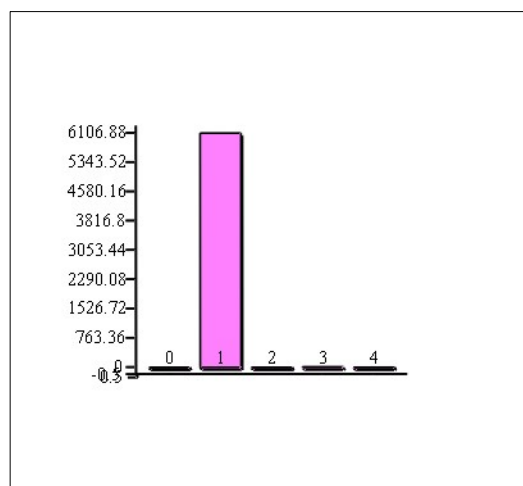


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 6.107 \times 10^3 \\ 1.35 \times 10^{-14} \\ 13.279 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



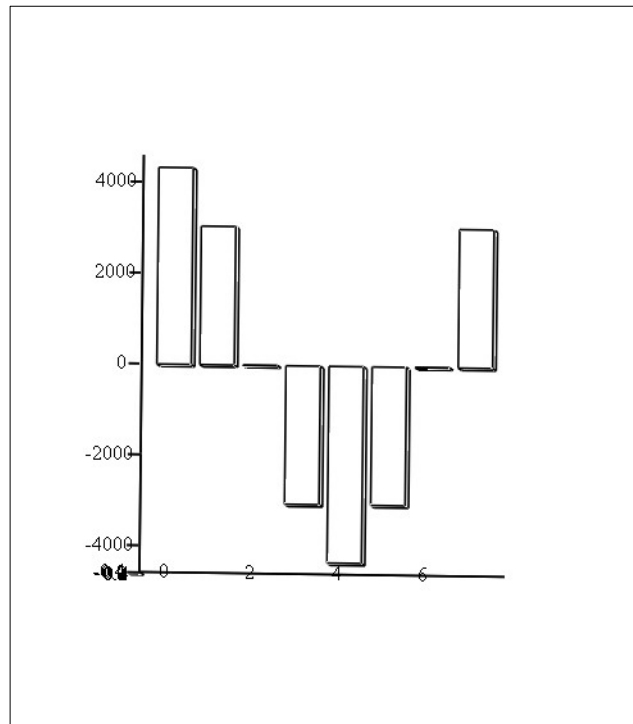
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

f2 := **ifft**(S2)

$$\mathbf{f2} = \begin{pmatrix} 4.328 \times 10^3 \\ 3.047 \times 10^3 \\ -9.283 \times 10^{-15} \\ -3.047 \times 10^3 \\ -4.328 \times 10^3 \\ -3.047 \times 10^3 \\ -9.283 \times 10^{-15} \\ 3.047 \times 10^3 \end{pmatrix}$$



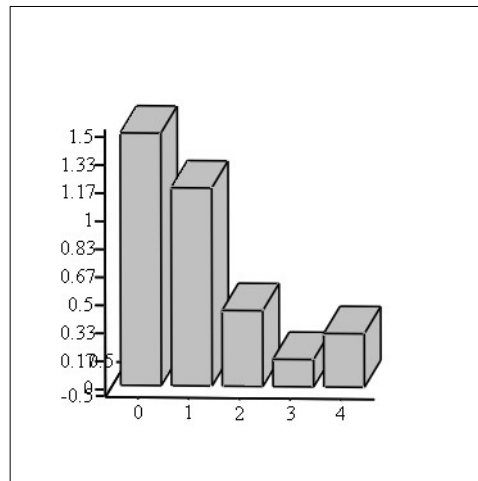
f2

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 3 & \underline{T} &:= 8 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 1.5 \\ k &:= 1..4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2} \right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1.5 \\ 1.176 \\ 0.45 \\ 0.162 \\ 0.318 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



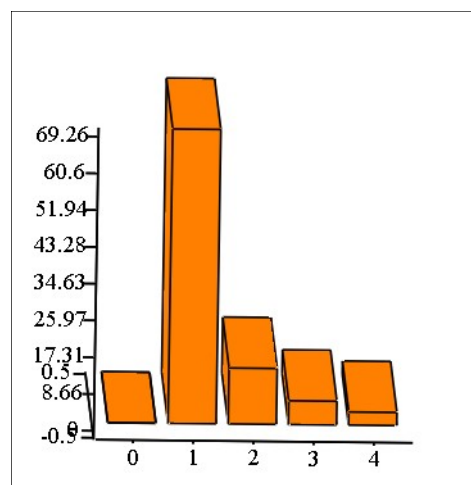
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1 \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 69.256 \\ 13.16 \\ 5.594 \\ 3.099 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$

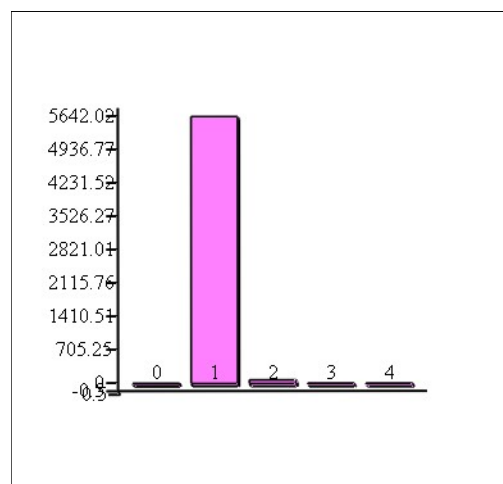


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 5.642 \times 10^3 \\ 77.963 \\ 5.082 \\ 3.057 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



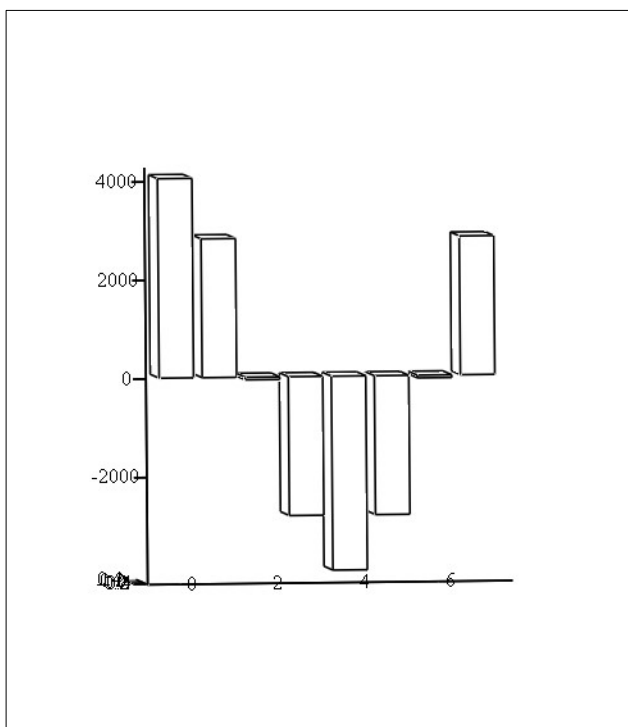
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

f2 := **ifft**(S2)

$$\mathbf{f2} = \begin{pmatrix} 4.049 \times 10^3 \\ 2.817 \times 10^3 \\ -54.047 \\ -2.82 \times 10^3 \\ -3.937 \times 10^3 \\ -2.82 \times 10^3 \\ -54.047 \\ 2.817 \times 10^3 \end{pmatrix}$$



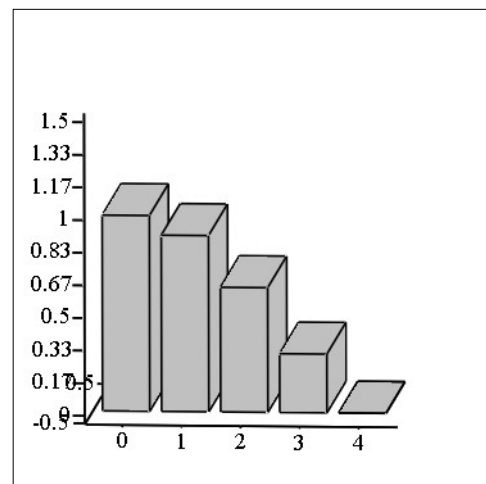
f2

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 2 & \underline{T} &:= 8 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 1 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.9 \\ 0.637 \\ 0.3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



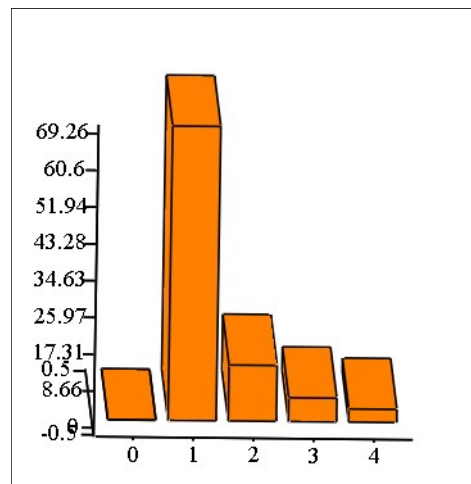
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі обекту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

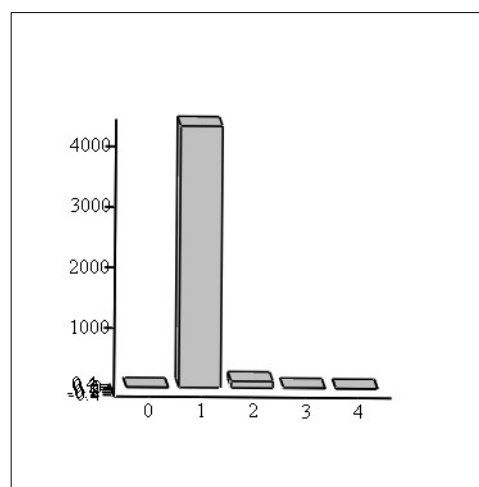
$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 69.256 \\ 13.16 \\ 5.594 \\ 3.099 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту **M**

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 4.318 \times 10^3 \\ 110.256 \\ 9.39 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



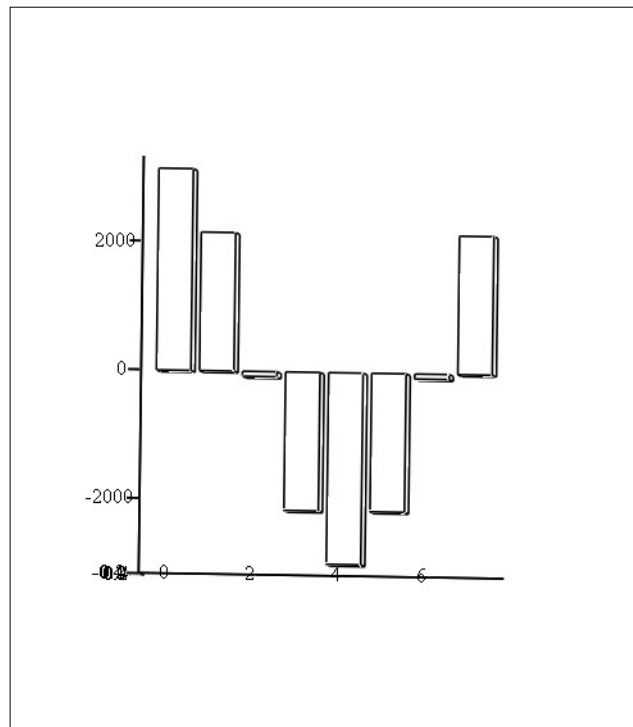
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$

$$f2 = \begin{pmatrix} 3.138 \times 10^3 \\ 2.154 \times 10^3 \\ -77.963 \\ -2.154 \times 10^3 \\ -2.982 \times 10^3 \\ -2.154 \times 10^3 \\ -77.963 \\ 2.154 \times 10^3 \end{pmatrix}$$



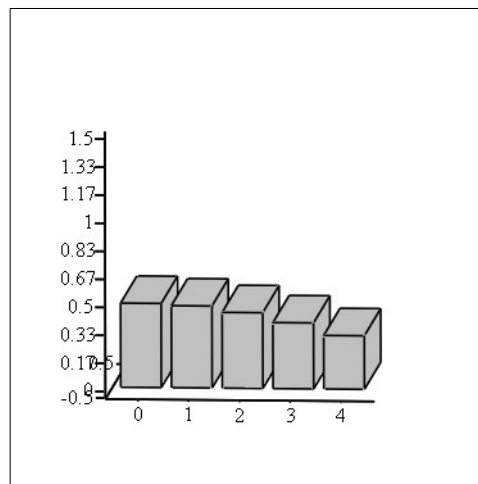
$f2$

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{T} &:= 1 & \underline{T} &:= 8 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 0.5 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin \left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2} \right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2} \right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.487 \\ 0.45 \\ 0.392 \\ 0.318 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



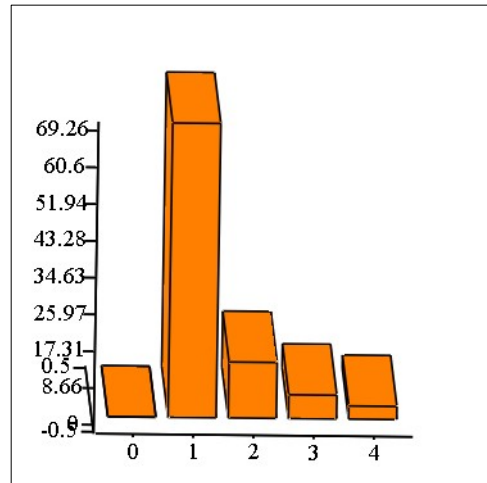
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркрдчі обєкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1 \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 69.256 \\ 13.16 \\ 5.594 \\ 3.099 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$

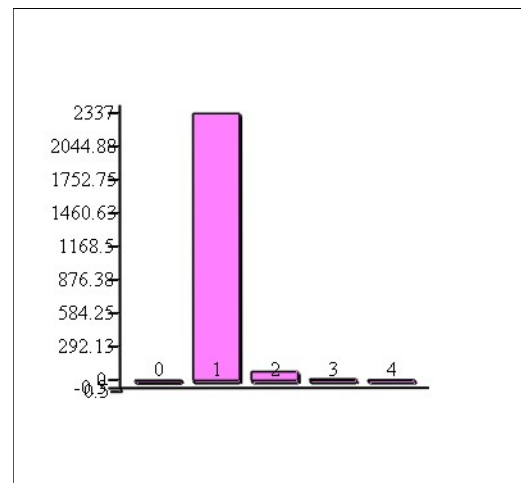


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2.337 \times 10^3 \\ 77.963 \\ 12.268 \\ 3.057 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.785 \\ 1.571 \\ 2.356 \\ 3.142 \end{pmatrix}$$



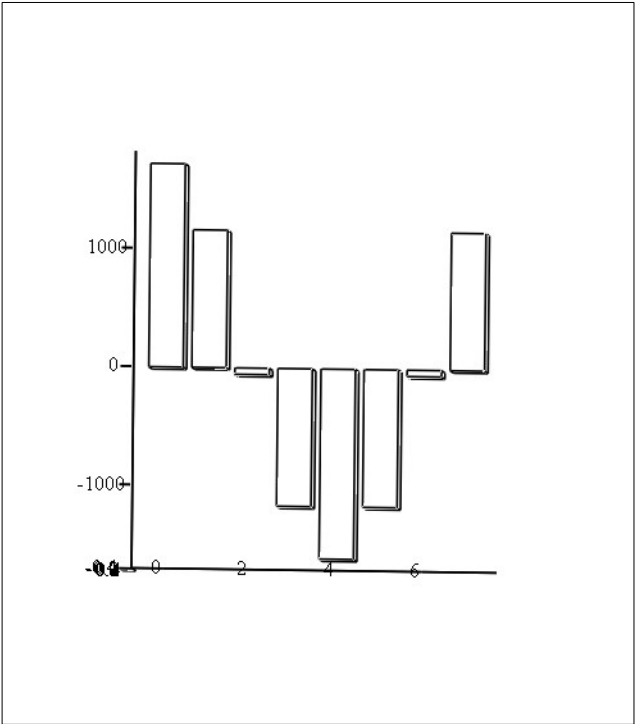
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

```
f2 := ifft(S2)
```

$$\mathbf{f2} = \begin{pmatrix} 1.717 \times 10^3 \\ 1.161 \times 10^3 \\ -54.047 \\ -1.163 \times 10^3 \\ -1.605 \times 10^3 \\ -1.163 \times 10^3 \\ -54.047 \\ 1.161 \times 10^3 \end{pmatrix}$$



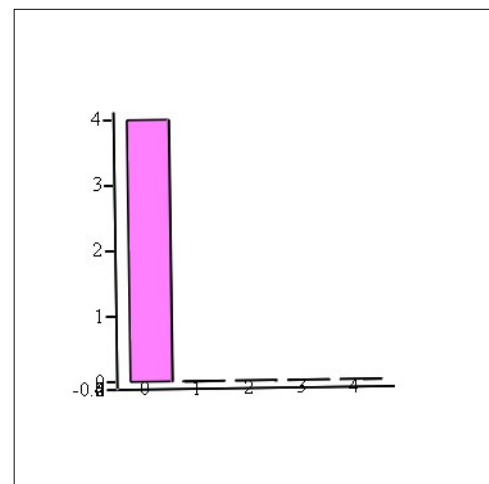
f2

$$\begin{aligned}
 \underline{\underline{A}} &:= 4 & \tau &:= 4 & \underline{\underline{T}} &:= 4 \\
 \underline{\underline{S}}_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 4 \\
 k &:= 1 \dots 4 \\
 \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T}
 \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



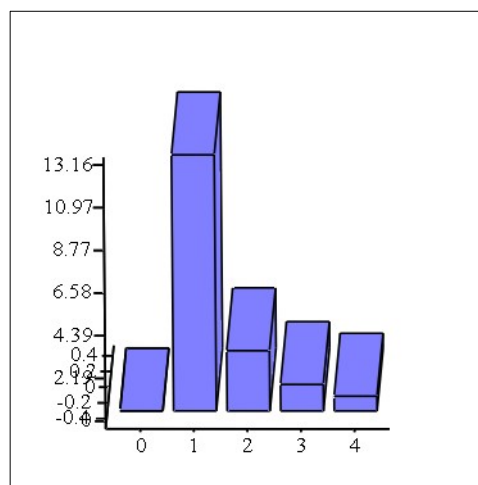
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$k_0 := 150 \quad T1 := 5 \quad T2 := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1 \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 13.16 \\ 3.099 \\ 1.363 \\ 0.764 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$

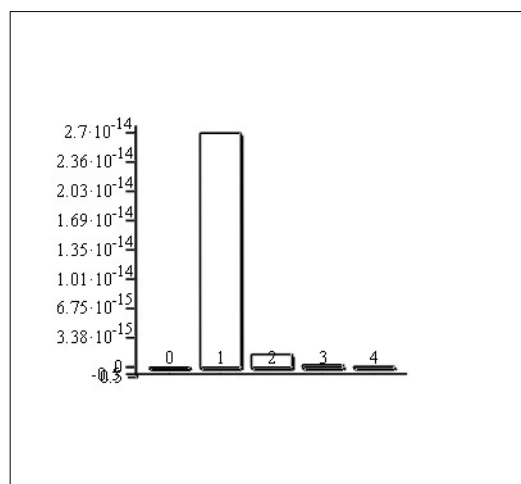


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2.7 \times 10^{-14} \\ 1.497 \times 10^{-15} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



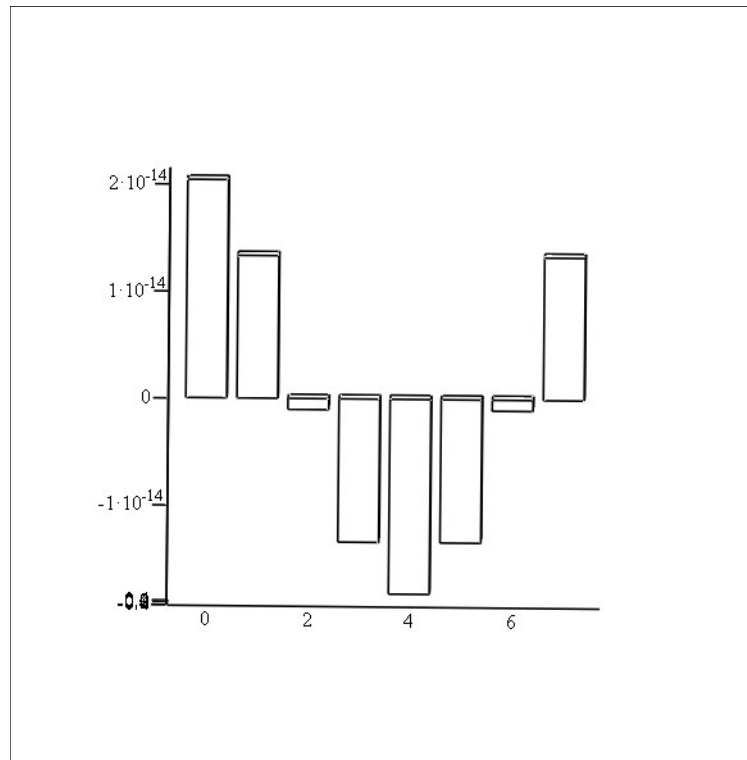
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$

$$f2 = \begin{pmatrix} 2.039 \times 10^{-14} \\ 1.333 \times 10^{-14} \\ -1.027 \times 10^{-15} \\ -1.339 \times 10^{-14} \\ -1.821 \times 10^{-14} \\ -1.339 \times 10^{-14} \\ -1.027 \times 10^{-15} \\ 1.333 \times 10^{-14} \end{pmatrix}$$



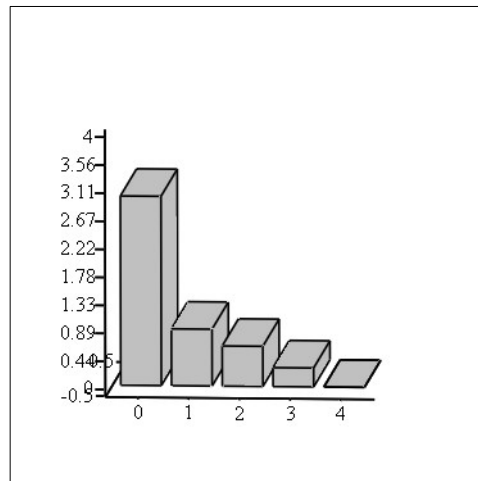
$f2$

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 3 & \underline{T} &:= 4 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 3 \\ k &:= 1..4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2} \right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 3 \\ 0.9 \\ 0.637 \\ 0.3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



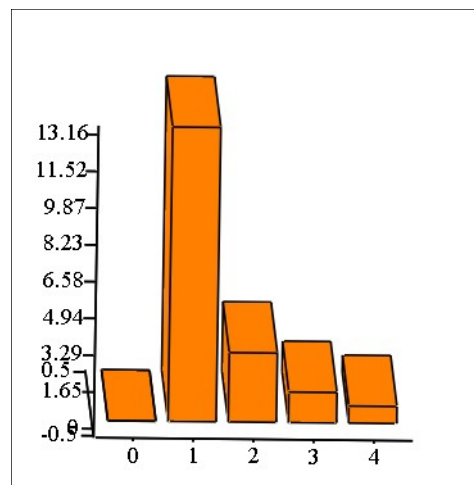
S

Модуль комплексного коефіцієнта пркдачі об'єкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1 \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 13.16 \\ 3.099 \\ 1.363 \\ 0.764 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$

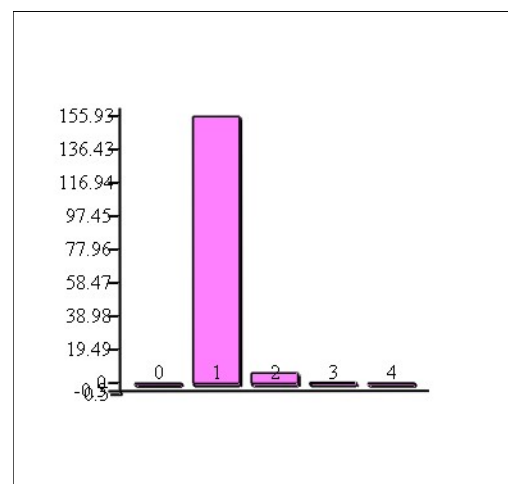


M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 155.925 \\ 6.113 \\ 0.557 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



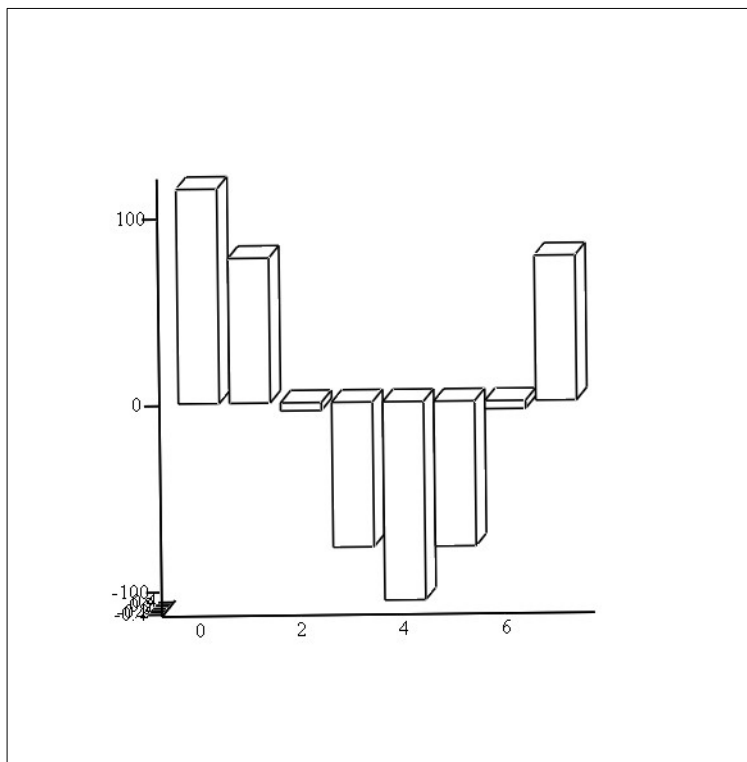
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$

$f2 = \begin{pmatrix} 114.972 \\ 77.684 \\ -4.323 \\ -77.684 \\ -106.327 \\ -77.684 \\ -4.323 \\ 77.684 \end{pmatrix}$



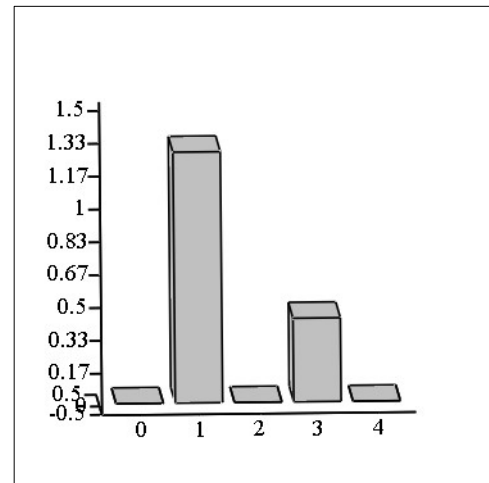
$f2$

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{\tau} &:= 2 & \underline{T} &:= 4 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 2 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S4_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S4 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.273 \\ 0 \\ 0.424 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



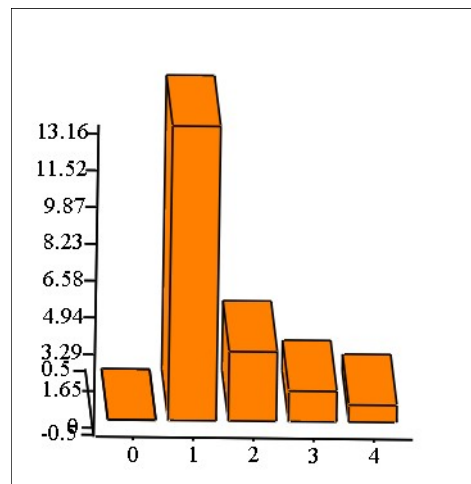
S4

Модуль комплексного коефіцієнта прккдачі обекту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[\sqrt{1 - (\omega_k)^2 \cdot T1} \right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

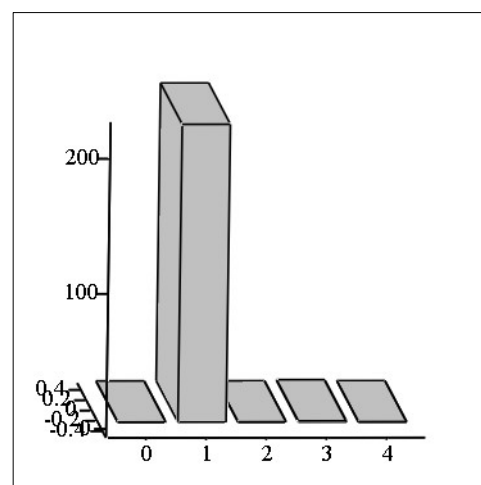
$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 13.16 \\ 3.099 \\ 1.363 \\ 0.764 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту \mathbf{M}

$$\mathbf{S2}_k := \mathbf{S4}_k \cdot (\mathbf{M}_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 220.512 \\ 0 \\ 0.788 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



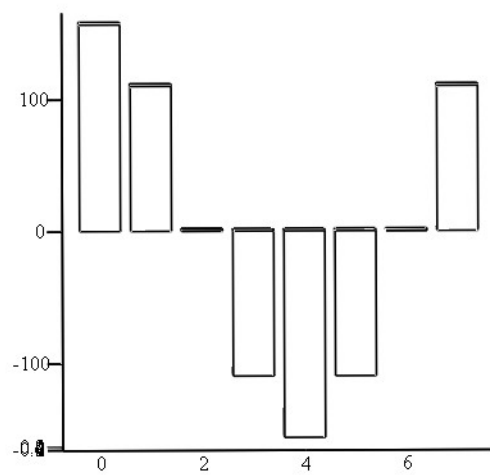
$\mathbf{S2}$

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$

$f2 = \begin{pmatrix} 156.482 \\ 109.862 \\ 0 \\ -109.862 \\ -156.482 \\ -109.862 \\ 0 \\ 109.862 \end{pmatrix}$



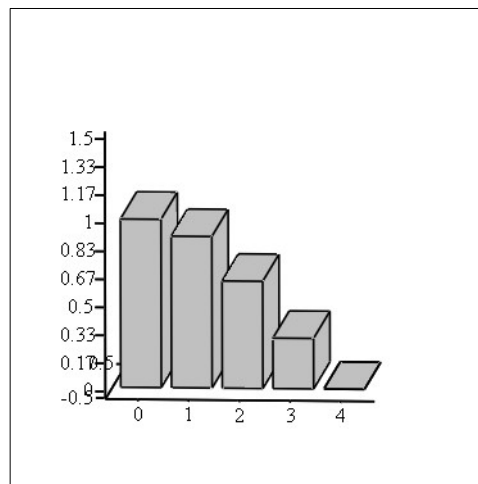
$f2$

$$\begin{aligned} \underline{A} &:= 4 & \underline{T} &:= 1 & \underline{T} &:= 4 \\ S_0 &:= A \cdot \left(\frac{\tau}{T} \right) & S_0 &= 1 \\ k &:= 1 \dots 4 \\ \omega_k &:= \frac{(2\pi k)}{T} \end{aligned}$$

Спектральна щільність

$$S_k := A \cdot \frac{\left| \sin\left(\omega_k \cdot \frac{\tau}{2}\right) \right|}{\left(\omega_k \cdot \frac{T}{2}\right)}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.9 \\ 0.637 \\ 0.3 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \omega = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



S

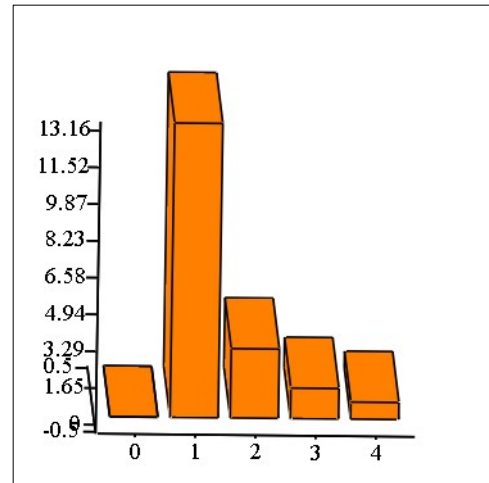
Модуль комплексного коефіцієнта пркрдчі обєкту

$$\underline{k_0} := 150 \quad \underline{T1} := 5 \quad \underline{T2} := 0.75$$

$$M_k := \frac{k_0}{\sqrt{\left[1 - (\omega_k)^2 \cdot T1\right]^2 + (\omega_k)^2 \cdot T2^2}}$$

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0 \\ 13.16 \\ 3.099 \\ 1.363 \\ 0.764 \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



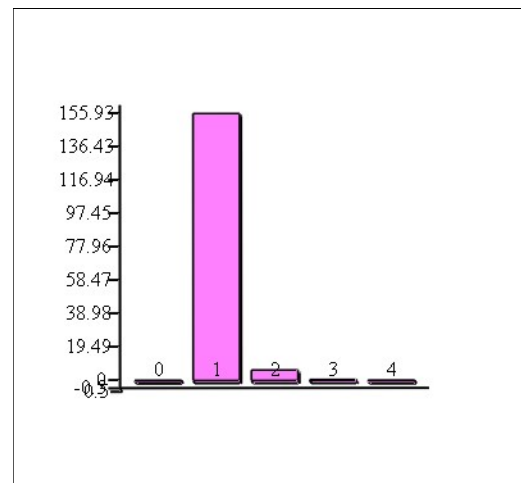
M

Спектральна щільність сигналу на виході об'єкту

$$S2_k := S_k \cdot (M_k)^2$$

$$\mathbf{S2} = \begin{pmatrix} 0 \\ 155.925 \\ 6.113 \\ 0.557 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{\omega} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.571 \\ 3.142 \\ 4.712 \\ 6.283 \end{pmatrix}$$



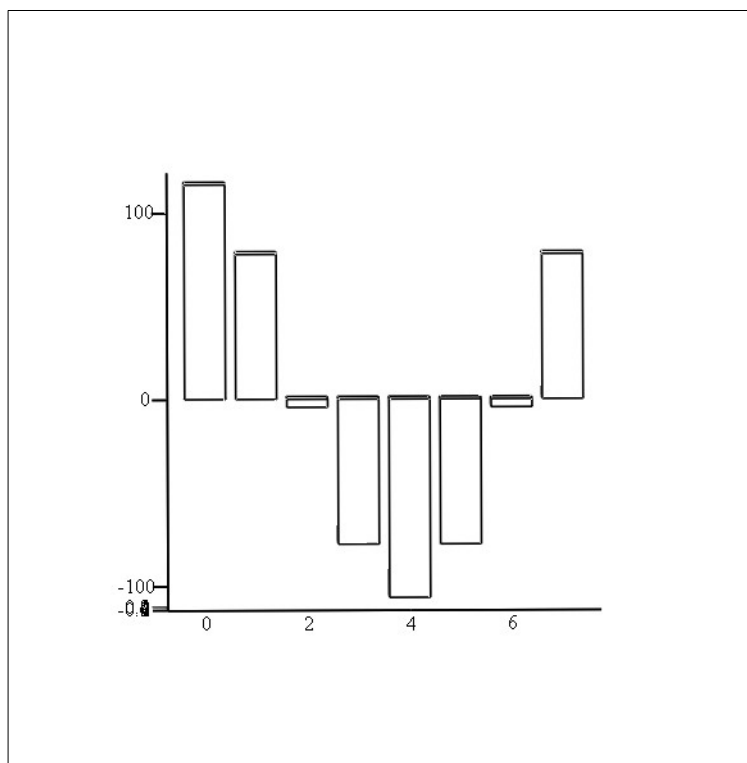
S2

Сигнал на виході об'єкту

Зворотнє перетворення Фур'є

$f2 := \text{ifft}(S2)$

$f2 = \begin{pmatrix} 114.972 \\ 77.684 \\ -4.323 \\ -77.684 \\ -106.327 \\ -77.684 \\ -4.323 \\ 77.684 \end{pmatrix}$



$f2$